

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö geoinformaatikas (12 EAP)

Loode-Eesti kiviaja rannajoone paleogeograafilised rekonstruktsioonid

Mikk Olesk

Juhendajad: PhD Merle Muru

PhD Alar Rosentau

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja:

Tartu 2018

Loode-Eesti kiviaja rannajoone paleogeograafilised rekonstruktsioonid

Abstrakt

Bakalaureusetöö eesmärk on luua Loode-Eesti ajalis-ruumilised paleogeograafilised rekonstruktsioonid, mis näitaksid mere taandumise kiirust erinevate aastatuhandete kaupa. Töös kasutatakse Geoloogiafondi, Maa-ameti, Tartu Ülikooli arheoloogide ja varasemate rekonstruktsioonide jaoks kogutud andmeid. Töös analüüsitakse aastatuhandete jooksul toimunud maastikumuutuseid ja täpsustatakse selle baasil arheoloogide teadmisi rannasidusa asustuse ajalis-ruumilise paiknemise kohta.

Märksõnad: paleogeograafia, paleogeograafilised rekonstruktsioonid, kiviaja asustus, Litorinameri

CERCS kood: P510 – Füüsiline geograafia, geomorfoloogia, mullateadus, kartograafia, klimatoloogia

Palaeogeographic reconstructions of Stone Age shorelines in northwest Estonia

Abstract

The aim of the thesis is to create spatio-temporal model to show relative sea level lowering since Litorina Sea highest shoreline at about 7500 years ago. This thesis is based on data provided by Geological Survey of Estonia, Estonian Land Board, Tartu University archaeologists and previous palaeogeographical studies of Estonian coastal areas. The analysis of sea level and coastal landscape changes were performed in order to specify archaeological knowledge about shore-bound Stone Age settlement in northwest Estonia.

Key words: palaeogeography, palaeogeographic reconstructions, Stone Age settlement, Litorina Sea

CERCS: P510 – Physical geography, geomorphology, pedology, cartography, climatology

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Teoreetiline taust	6
1.1 Läänemere nõo veetaseme ja maakerke muutused läbi aja	6
1.2 Uuringuala maastiku iseloomustus	8
1.3 Eesti arheoloogia lühiülevaade	9
1.4 Varasemad uuringud	11
2. Andmed ja metoodika	12
2.1 Uuringuala asukoht	12
2.2 Paleogeograafilise rekonstruktsiooni loomine	13
2.3 Veetasemete interpoleerimine	14
2.4 Kõrgusmudel ja arheoloogiliste leidude paiknemise ja vanuse määramine	16
2.5 Soo andmed ja turbapaksuse mudelite loomine	17
3. Tulemused ja arutelu	19
3.1 Litoriinamere veetasememuutused	19
3.2 Arheoloogilised leiud	20
3.3 7500-2500 aastat tagasi toimunud maastikumuutused	21
Järeldused ja kokkuvõte	30
Summary	32
Tänu sõnad	33
Kasutatud kirjandus	34
Lisa	38

Sissejuhatus

Kiviaja uurimiseks ei ole just eriti palju võimalusi. Veel enam, suur osa neist võimalustest toetub dateerimisele. Tänapäevane tehnoloogia annab võimaluse vanale, kuid suure väärtusega infole, lisada ka visuaalse poole. Üheks selliseks võimaluseks on paleogeograafilised rekonstruktsioonid. Paleogeograafiline rekonstruktsioon on mineviku maastikupildi taastamine. Antud töös kasutatakse seda Loode-Eesti kiviaegse rannajoone leidmiseks ja rannasidusa küttide-korilaste asustuse uurimiseks. Rannasidus asustus tähendab, et sealsete elanike elu sõltus peamiselt lähedal olevast veekogust ning seega rajati oma elukoht rannale võimalikult lähedale. Eesti aladel oli selline elatusviis valdav mesoliitikumi II pooles ja neoliitikumis (Kriiska, 2000; Kriiska, 2003).

Paleogeograafiline rekonstruktsioon annab maapinna reljeefi ja veetasemeid arvesse võttes aluse väitmaks, kus oli teatud ajahetkel minevikus vee ja maismaa piir. Sellest tulenevalt on võimalik täpsemalt hinnata ajavahemikku, mil rannasidused asulad võisid seal paikneda. Paleogeograafia rekonstrueerimiseks on palju erinevaid meetodeid, meetodi valik sõltub eelkõige vaadeldava piirkonna loodusgeograafilistest eripäradest ja andmete, sh. geoloogilise ja arheoloogilise materjali, kättesaadavusest. Üks võimalus rekonstruktsiooni teha on kasutades geoinfosüsteemipõhist (GIS) modelleerimist. Selle sisuks on ruumianalüüs ning matemaatilised arvutusmudelid, kuid aluseks on maastikku ja asustust kirjeldavad andmed.

Bakalaureusetöö eesmärgiks on paleomaastiku rekonstrueerimine Loode-Eesti viimastel aastatel avastatud kiviaja asulakohtade ümbruses. Töö ülesandeks on luua ajalis-ruumiline mudel, mis näitab mere taandumist alates Litoriinamere kõrgeima rannajoone tasemest u. 7500 a.t ning selle baasil anda uusi teadmisi kiviaja asustuse paiknemise ja vanuse kohta. Rekonstruktsioon annab võrdlusmaterjali teistele vanuse määramise meetoditele, lisades geomorfoloogilise info ning täpsustades seeläbi kiviaja leidude vanust. Vaadeldakse leiukohti, mis arheoloogilisest teadmusest lähtuvalt kuuluvad ajajärku, mil Läänemere ääres oli valdavaks rannasidus elatusviis, kuid asuvad tänasest merest kaugel. Töö ajendiks oli nendest leiukohtadest saadud arheoloogilisele materjalile mudeli abil maastikulisi ja vanuselisi täpsustusi anda. Eesmärkidest lähtuvalt koostati uurimusküsimused:

- Kas kiviaegne asustus järgib vaadeldaval alal rannajoone muutusi?
- Kas ning kuidas on paleogeograafiliste rekonstruktsioonide põhjal võimalik arheoloogilisi leide ajaliselt jaotada?

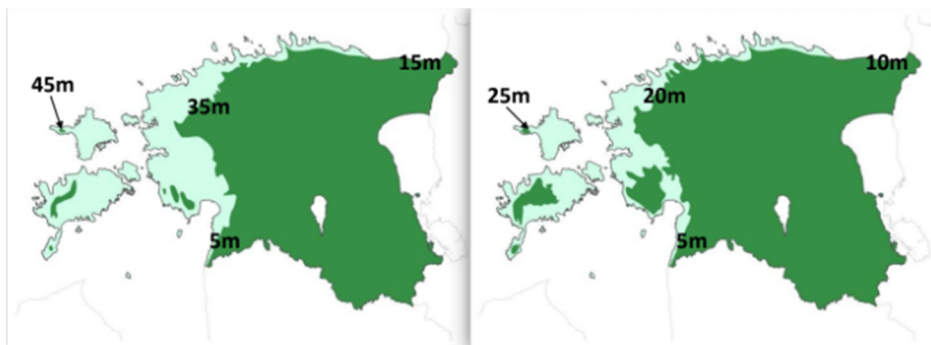
Töö koosneb kolmest osast. Esimeses antakse teoreetiline ülevaade paleogeograafilise rekonstruktsiooni osadest – veetasemetest, maakerkest, maastikust ja arheoloogiast. Sealhulgas kirjeldatakse uuritava piirkonna, Loode-Eesti, maastikku. Teises osas selgitatakse, kust pärinevad kasutatud andmed ja mil viisil neid töödeldi. Kolmandas osas antakse ülevaade tulemustest ja arutletakse saadud rekonstruktsioonidest lähtuvalt maastikumuutuste ning kiviaja asustusmusteri teemal. Lõpetuseks võetakse töö kokku ja tehakse järeldused.

1. Teoreetiline taust

1.1 Läänemere nõo veetaseme ja maakerke muutused läbi aja

Praeguse rannajoone erinevus kiviaegsest on tingitud mitmest asjaolust. Esiteks on peale viimast jääaega Läänemere tase muutunud ja teiseks toimub Eestis maakerge, mille käigus tõuseb maismaa vastukaaluks kunagisele mandrijää survele (Torim, 2004; Jöns, 2011). Mandrijää surve tagajärjel kujundati maastik ning hiljem maa kerkides tekkisid lahed, laguunid ja settekuhjed (Arold, 2005).

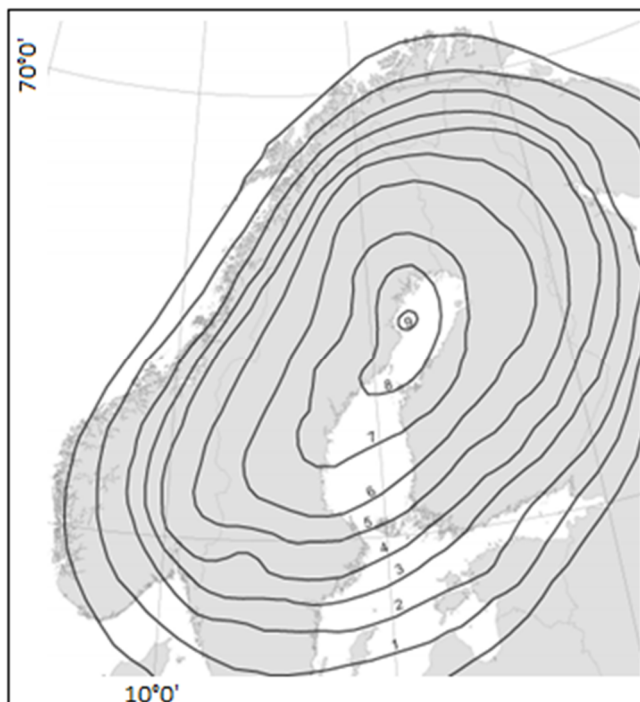
Loode-Eesti rannik on võrreldes ülejäänud Eestiga kujunenud teisiti. Mandrijää taandumisel jäi looderannik veel pikaks ajaks jääpaisjärvede ja merevee alla. Erinevatest veetasemetest tulenevalt kujunesid eri vanusega rannamoodustised ning paleorannavööndite modelleerimiseks on vajalik neid veetasememuutusi teada. Kiviaja asustust silmas pidades on olulised veetasemed alates Antsülusjärve staadiumist 10700 aastat tagasi (Joonis 1).



Joonis 1. Antsülusjärve ja Litoriinamere suhtelise veetaseme maksimumid (Saarse et al., 2006; joonis: Muru, 2014).

Antsülusjärve kõrgeima rannajoone alal umbes 10200 aastat tagasi oli veetase Loode-Eestis u 33 meetrit praegusest kõrgem (Saarse et al., 2006; Grudzinska et al., 2013). Sinna perioodi jäävad esimesed Eestimaa pinnalt leitud arheoloogilised leiud Pulli ja Kunda, mis tähendab, et need alad olid juba selleks ajaks vee alt vabanenud (Poska ja Veski, 1999; Sander ja Kriiska, 2014). Ligi tuhande järgneva aasta vältel vesi taganes ja maa kerkis. Umbes 9800 aasta eest tekkis Antsülusjärve ja Atlandi ookeani vahele Taani väinade kaudu ühendus. 9300 aastat tagasi algas Loode-Eestis maismaastumine (Raukas, 1995). Kokkupuude soolase ookeaniga tekitas Läänemeres riimveelise Litoriinamere. See toimus ligi 8500 aastat tagasi, veetase tõusis kuni saavutas 7500 a.t Litoriinamere maksimumi (Andren et al., 2011). Alates sealt on suhteline

veetase kuni tänapäevani langenud. Maakerke intensiivsus ja mereveetase erinesid ka Läänemere piires, mis tähendab, et universaalsed andmed puuduvad ja eri uurimisalad vajavad endile sobivaid veetasemete näitajaid (Grudzinska et al., 2013). Näiteks on maakerge suurima intensiivsusega Fennoskandia kerketsooni keskel Botnia lahes ja väheneb suunaga kagusse (Joonis 2). Tegemist on näiva maakerkega, mis tähendab kerkimist tõusva meretaseme suhtes.



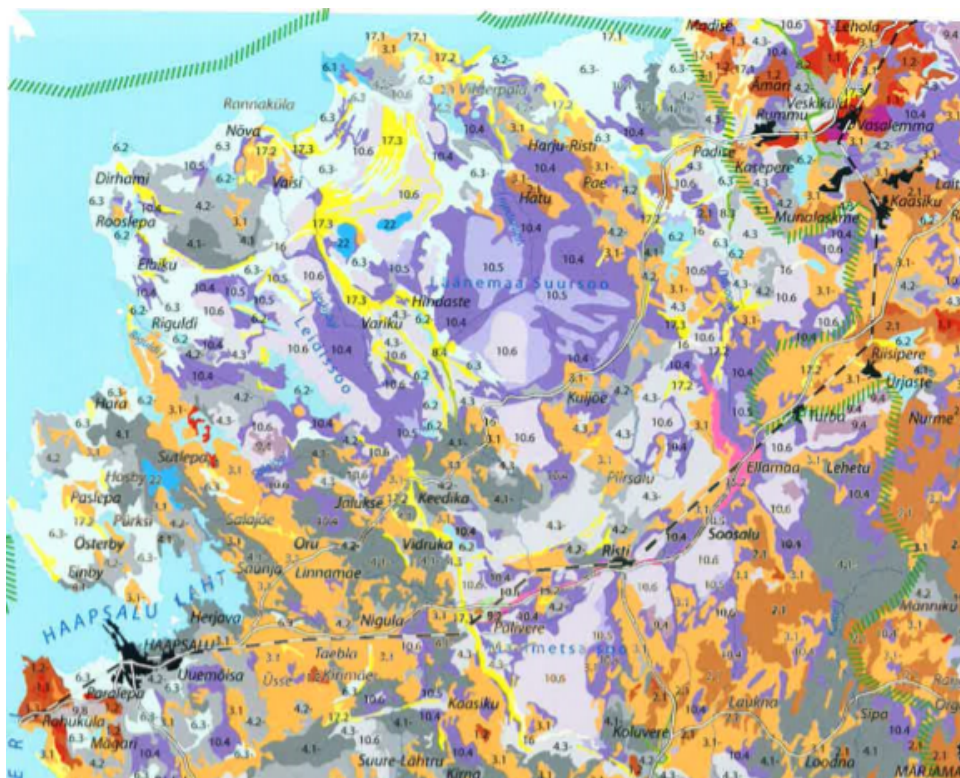
Joonis 2. Näiva maakerke intensiivsused Eestis ja meid ümbritsevatel aladel (Ekman, 1996).

Lähtuvalt mandrijää liikumissuunast ja paksusest on Eestis näiva maakerke intensiivsuse gradient loode-kagu suunaline, maksimumiga kuni 3mm Eesti loodeosas (Arold, 2005). Lääne-Eesti madaliku põhjaosas ehk selle töö uurimisalal on jääaja lõpust alates maapind maksimaalselt 90 meetrit kerkinud, kuid kõige suuremad alad on merepinnast ligi 10 meetri kõrgusel (Raukas, 1995). Tulenevalt maakerkest on mineviku veepinnad kaldega tänapäevase merepinna suhtes. See on ka põhjuseks, miks sama aja setteid on võimalik leida maapinna eri kõrgustelt. Keskmised kaldegradiendid vähenevad ajas eksponentsiaalselt, põhjuseks maakerke intensiivsuse vähenemine (Lambeck et al., 1998).

1.2 Uuringuala maastiku iseloomustus

Uuringuala kese on Lääne- ja Harjumaa piiril asuv Läänemaa Suursoo ja seda ümbritsevad vanad rannamoodustised. Rekonstruktsioonide mõistmiseks ja lahtimõtestamiseks on vajalik teada selle piirkonna maastikulisi eripärasid.

Suursoo on tekkinud madalaveelise järve soostumisel ning loodeosas on näha ka liivast ja kruusast Litoriinamere rannamoodustisi. Tänapäeva maastikupildis viitavad need sisemaal asuvad rannamoodustised kunagistele rannajoontele, millest kõrgemat veetaset pole hiljem enam esinenud. Maastikuliselt ümbritsevad Suursoo ala erinevad pinnavormistikud (Joonis 3).



Joonis 3. Lääne-Eesti põhjaosa maastikulise liigestatuse kaart. Olulisemad tähised kaardil: 3.1 - karbonaatse kattega uhutud moreenitasandikud; 4.2 - vähekarbonaatse kattega jäärjetasandikud; 4.3 – viirsavised jäärjetasandikud 17.3 - karbonaadivaese kattega rannikuvallistikud (Arold, 2005).

Ida- ja kagusuunas domineerivad piki soopiiri kulgevad vähekarbonaatse kattega jäärjetasandikud ning karbonaatse kattega uhutud moreenitasandike alad. Lõunas esineb karbonaatse kattega ehk viirsaviseid jäärjetasandikke ja lääne- ning loodeosas juba varem mainitud rannavallistikke. Soo põhjaosas, praeguse merepiiri ja soo turbase osa vahel, ei domineeri üksi pinnavorm, esinevad kõik eelmainitud v.a savised pinnad (Arold, 2005). Rannajoone poolest on üks olulisemaid uuringuala loodeosa, mis on rannikuterrassil kujunenud

liivatasandikega ja kus leidub hulgaliselt liivavalle ja maasääri. Näiteks Keibu lahe rannikult võib leida jääaegsetest deltaliivadest kujunenud kuni 10 meetri kõrguseid rannavallistikke ja luiteid. Nõval on rannanõlval kujunenud maasäär, mille taha said tekkida madalad järved (Kivistik, 2012).

Rannasetted kujunesid jääaegsete setete ja pärastjääaegsete jõgede poolt kantud setete ümberkujundamisel või pankade ja rannanõlva purustamisel murdlainetuste poolt. Madalamad kulutatud alad olid esimesed, mis kattusid mere- ja rannasetetega. Rannikul kujunenud liivavallistikud on morfoloogiliselt üpris asümmeetrilised maapoolse järsema nõlvaga liivakuhjatised. Kõrgus ei ületa enamasti kahte meetrit ja laiuseks kuni mõni kilomeeter. Tunnuseks on ka sarnaste vallide esinemine paralleelsete seeriatena, mis märgivad rannajoone taandumist mere suunas. Kuna settekiht ei ole eriti paks, siis leidub nende moodustiste vahel ka teisest materjalist (moreenitasandikud, paekühmud, viirsavised jääjärvetasandikud) pinnavorme (Arold, 2005).

Suursoo piirialadel vanadel rannamoodustistel paikneb rohkelt arheoloogilisi leiukohti, mis avastati 2015-2016 aasta välitööde käigus. Soo ümbrus oli nii kiviajal, kui on ka tänapäeval kõrgemal kui sama aja veetase. See tähendab, et varasemalt sai inimtegevus nende paikade maismaalisuse tõttu toimuda just seal. Kunagised rannajooned ja sealsed arheoloogilised leiud viitavad omakorda rannasidusale elatusviisile. Mitmed seni tehtud tööd, sh rekonstruktsioonid on sellele kinnitust leidnud (Kriiska, 2001; Kriiska et al., 2016; Muru, 2017) Sellel alal võivad rannamoodustised maatõusu tõttu olla kuni 26 meetri kõrgusel ja kuni mõnekümne kilomeetri kaugusel praegusest rannajoonest. Näiv maakerge on tänapäeval Suursoo alal 2,2 mm aastas (Torim, 2004).

Eelmainitud ala piiridesse jääb ka kolm suuremat järve – luitelise põhjakaldaga Veskijärv, Tänavjärv ja Hindaste järv. Varasemalt on kindlaks tehtud, et Tänavjärve ümbrusest hakkas meri taanduma 6500 aasta eest ja täielikult sai see järveks ligi 5400 aastat tagasi (Grudzinska et al., 2013).

1.3 Eesti arheoloogia lühiülevaade

Kiviaja asustuse paiknemise muster Eesti alal on suures osas tingitud Antsülusjärve ja Litoriinamere veetasemetest. Rannasidus eluviis ei olnud veetasememuutuste tõttu paikne. Mere tõusmisel tuli liikuda vee eest kaugemale sisemaale või kõrgemale alale ja meretaseme alanemisel jäi jällegi vajalik vesi elupaigast kaugemale ning tuli liikuda tagasi. See oli ka üks

põhjustest, miks Pärnu ümbrusest liiguti edasi põhja poole. Teadmine, et inimesed sõltusid meretasemest, annabki võimaluse meretasemete järgi rannasidusat asustust uurida ning sealseid leide hea täpsusega dateerida (Kriiska, 2000; Kriiska & Lõugas 2009; Jöns, 2011).

Esimesed läänemereäärsed asukad olid paleoliitikumi kütid-korilased. Eestist paleoliitikumi leiud puuduvad, küll aga asustasid selle aja inimesed Läänemere lõuna- ja idaosas ning Skandinaavia lõunaosa. Nende peamiseks siia tuleku põhjuseks oli jälitada ja küttida neile aladele liikuvaid põhjapõtru. Sellist liikumist soodustas kliima pehmenemine ja sellest tulenev metsade, loomade, mereelustiku ja marjade levik (Jöns, 2011).

Erineva tegutsemisviisi ja harjumustega inimtegevus jaotatakse eri arheoloogiliste kultuuride alla. Eesti üks tuntumaid ja kõige vanem (10800 a tagasi) arheoloogiline leid on pärit Pulli asulast ning kuulub Kunda kultuuri alla. Kunda kultuuriks nimetatakse mesoliitikumi 11000-7000 aasta tagust küttide-korilaste ja kalastajate kultuuri. Periood sai nimetuse Kunda Lammasmäe ja lähedal asuva soo arheoloogiliste leidude järgi. Kultuur ulatub Baltimaade lõunaosani, idast ka piiritagustele Venemaa aladele ja põhjast Lõuna-Soomeni. Arvatavasti jõudsid Kunda kultuuri viljelejad siia Leedu ja Valgevene aladelt. Sel ajal elati vee lähedal ning selle olemasolu kasutati ära nii kalastuseks kui jooma tulnud loomade küttimiseks. Arheoloogid on sellest ajaperioodist leidnud luust ja sarvest tööriistu, näiteks noole- ja ahinguotsi, algelisi kirveid ja naaskleid. Lisaks kvartsist ja tulekivist esemeid (Kriiska & Tvauri, 2002). Võrreldes varasemaga, lisandus mesoliitikumi ajal küttimisele ka mereelustiku püüdmine ja söömine. Rannalade inimeste toidulaual oli nüüdsest esikohal hüljes. Sellel perioodil võis kogu Läänemere ümbruses näha rannasidusat asustust. Vee-elustiku muutus oli seotud varem mainitud merevee soolsuse tõusuga 9800-8500 a.t (Kriiska, 2001).

Kunda kultuurile ajaliselt järgnevat kultuuri nimetatakse Narva kultuuriks, mis esines umbes 7000 – 5900 aastat tagasi. See levis eelnevaga samadel aladel ja samuti oli oluline nii mere kui ka teiste veekogude lähedus. Nime sai kultuur Narva jõe kaldaäärsete asulakohtade järgi. Sel perioodil domineerisid ikka kütid-korilased ja kalastajad, küll aga oli sinne asustus tihedam. Leiud kattuvad üldjoontes Kunda kultuuri omadega, vaid lihvimistase oli paranenud, aga lisandus täiesti uus haru – keraamika (Kriiska & Tvauri, 2002).

Narva keraamikast kasvas 5900 a.t välja kammkeraamika kultuur, mille mõjutused tulid eelkõige Karjala aladelt. Kammkeraamikat iseloomustavad kammitaolise esemega tekitatud mustrid ja lohud (Kriiska & Tvauri, 2002). Üheks kammkeraamika tunnuseks on väljaspoolt

Eesti ala siia toodud Karboni tulekivi, mille kasutamine toimus just sellel perioodil ning selline leid annab hea võimaluse kiireks dateeringuks (Huurre, 1986).

Umbes 5000 a.t hakati üha enam liikuma sisemaale seoses järk-järgulise üleminekuga põlluharimise ja karjakasvatusele (Kriiska, 2001). See oli seotud ligi 4700 aasta eest alanud ning paralleelselt kammkeraamikaga Eesti aladel levima hakanud nöörikeramika kultuuriga. Seda ajastut iseloomustavad nööriälgedega esemed ja paadikujulised kivikirved. Võrreldes varase mesoliitikumi, Narva ja kammkeraamikaga ei olnud nüüdsest esmatähtis asuda veekogude ääres. Sellest tulenevalt oli uue kultuuri esindajaid rohkem sisemaal. Nöörikeramika esinemise ajaks olid tekkinud suured muutused ka inimeste igapäevaelus. Põlluharimine oli arenenud ja küttimine, korilus ning kalastamine ei olnud enam ainsad võimalused ellujäämiseks (Kriiska & Tvauri, 2002).

1.4 Varasemad uuringud

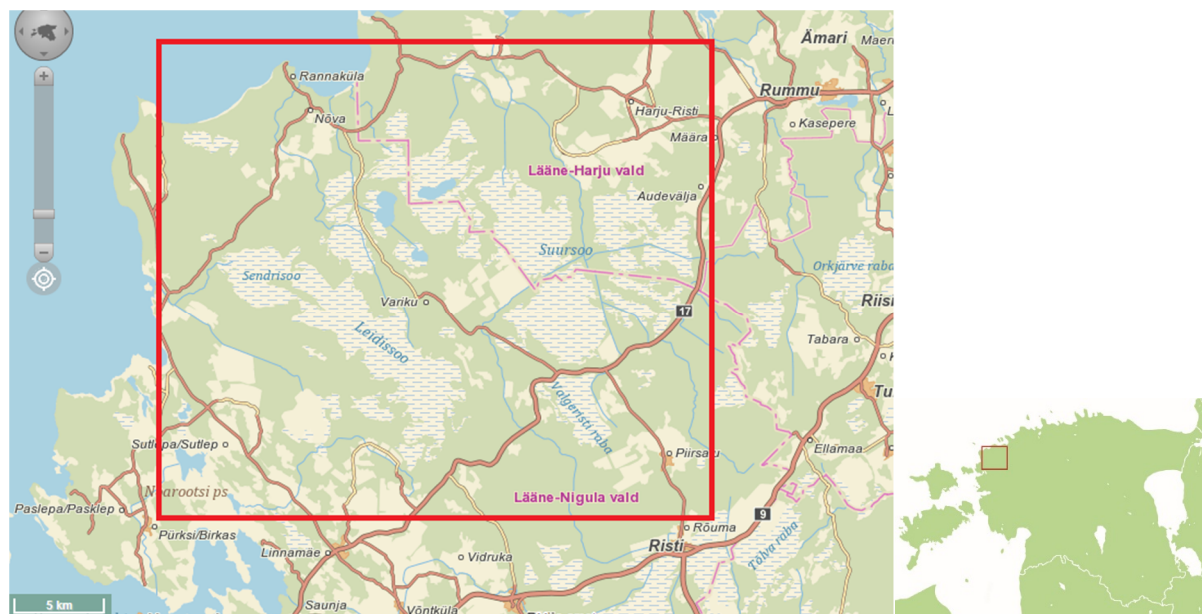
Varasemalt on Eesti alal kiviaja paleogeograafiat rekonstrueeritud näiteks Hiiumaal (Hang & Kokovkin, 1999; Saarse et al., 2000; Vassiljev et al., 2015), Saaremaal (Saarse et al., 2009), Pärnu ümbruses (Teiter, 2000; Rosentau et al., 2011; Habicht et al., 2016), Narva ümbruses (Rosentau et al., 2013), Tallinna kesklinnas (Muru et al., 2017) ja Ruhnu saarel (Muru et al., 2018). Lisaks on mitmed rekonstruktsioonid tehtud laiemal alal, nt Eesti rannikualadel (Rosentau et al., 2008), Põhja-Eestis (Vassiljev et al., 2014) või Balti jääpaisjärvede kohta (Rosentau, 2006). Tööd on eri suunitlusega, esineb arheoloogilistest leidudest ajendatud töid, maastiku kirjeldust vajavaid piirkondi (nt saared) või mereveetasemete uurimise eesmärgiga töid. Tihti vaadeldakse neid osi ka korraga. Koos bioloogiliste vanuse määramise meetodite ehk taimse mereelustiku andmete ja dateeringute abil on paleogeograafilist rekonstruktsiooni tehtud ka antud töö uurimisalal ja selle läheduses (Grudzinska et al., 2013). See töö hõlmas endas lisaks Klooga, Lohja ja Käsmu järvele ka Tānavjärve, mis jääb antud töös kirjeldatud Läänemaa Suursoo alale.

2. Andmed ja metoodika

Töö metoodika on varasemalt välja töötatud ja teistel uurimisaladel rakendatud. Seega põhineb antud töö metoodika peamiselt Merle Muru doktoritööl „Eesti ja lähinaabruse kiviaegsete rannikualade geoinfosüsteemipõhised paleogeograafilised rekonstruktsioonid“ ja Alar Rosentau jt artiklil „Palaeogeographic Model for the SW Estonia Coastal Zone of the Baltic Sea“. Töös kasutatavaks GIS programmiks on ArcGis.

2.1 Uuringuala asukoht

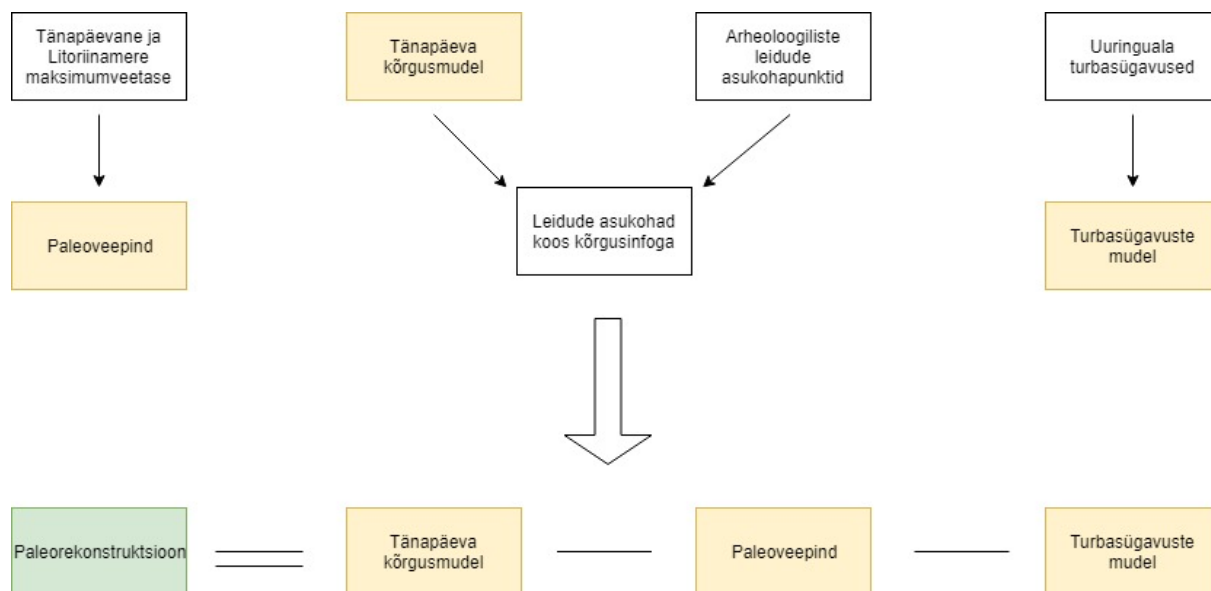
Uuritav ala asub Loode-Eestis, täpsemalt sealse suurima soo, Läänemaa Suursoo, ümbruses. Idas on uuringuala piiriks Audevälja küla piirkond, läänes Lääne-Nigula vallas asuv Elbiku (Ölbäcki) küla, lõunas Ääsmäe-Haapsalu-Rohuküla ja Keila-Haapsalu maantee vahele jääv ala ning põhjapiiriks on meri Keibu lahest Paldiski laheni (Joonis 4).



Joonis 4. Uuringuala asukoht Eesti kaardil (Maa-ameti geoportaal).

2.2 Paleogeograafilise rekonstruktsiooni loomine

Rekonstruktsiooni aluseks on soovitud aja (antud juhul kiviaeg) suhteline veetase, tänapäeva maastiku absoluutkõrguste info ning uuringualal olevate soode turbapaksused (Joonis 5).



Joonis 5. Metoodika skeem. Skeemi ülaosas on nimetatud tööks vajaminevad andmed, keskel neist andmetest ArcGis-i abil loodud mudelid ja andmed ning all paleorekonstruktsiooni arvutamise valem.

Esiteks on tarvis teada eri aegadel esinenud merevee taseme suhtelisi kõrguseid. Nende leidmiseks enimlevinud viise on kaks. Esimene kasutab geostatistilist korrelatsiooni samaealiste rannikumoodustiste kõrgustest (Saarse et al., 2003). Teine põhineb veetasememuutuste kõverate kasutamisel (Harff et al., 2005). Rannamoodustiste korrelatsiooni meetod omab suuremat ruumilist ning väiksemat ajalist ulatust. Teise meetodi puhul on see vastupidi. Antud juhul kasutatakse integreeritud metoodikat, kus samaealiste rannamoodustiste kõrgustest interpoleeritud pinna ja piirkonna meretasememuutuste kõvera alusel modelleeritakse veetaseme muutused ajas ja ruumis. Rekonstruktsioonide ja leidude vanuse täpsustamise jaoks genereeritakse paleoveetasemepinnad 500 aastase sammuga alates Litoriinamere suhtelise veetaseme maksimumist.

Järgmise osana on vajalik kõrgusmudel. Digitaalne rasterkõrgusmudel on kõrgusandmetest koosnev maapinna kujutis, mis seob ära kindlad koordinaadid neis asuva maapinna

absoluutkõrgusega. Töös kasutati Maa-ameti poolt 2012. aasta aerolaserskaneerimise (LiDAR) kõrgusandmetest loodud 5x5 meetrise ruumilise lahutusega rasterkõrgusmodelit.

Tänapäevast maapinna kõrgusmodelit parandatakse rekonstrueeritavast ajast nooremate settelasundite eemaldamisega, milleks käesolevas töös olid turbalasundid. Teades turba keskmist aastast juurdekasvu on võimalik paksuse järgi vanus arvutada. Turbapaksuste andmete alusel loodi iga turbalasundi jaoks eraldi mudel ja lahutati need kõrgusmodelilt. Vastupidiselt turbalasunditele, liivalasundeid ei mudeldatud, küll aga teatakse nooremate liivalasundite (rannikuluided) olemasolust ning sellega arvestatakse rekonstruktsioonide tõlgendamisel töö arutelu osas.

Kiviaegse maapinna rekonstruktsiooni saab lahutades tänapäeva kõrgusmodelist kunagise mereveetaseme ning nooremate setete paksused.

2.3 Veetasemete interpoleerimine

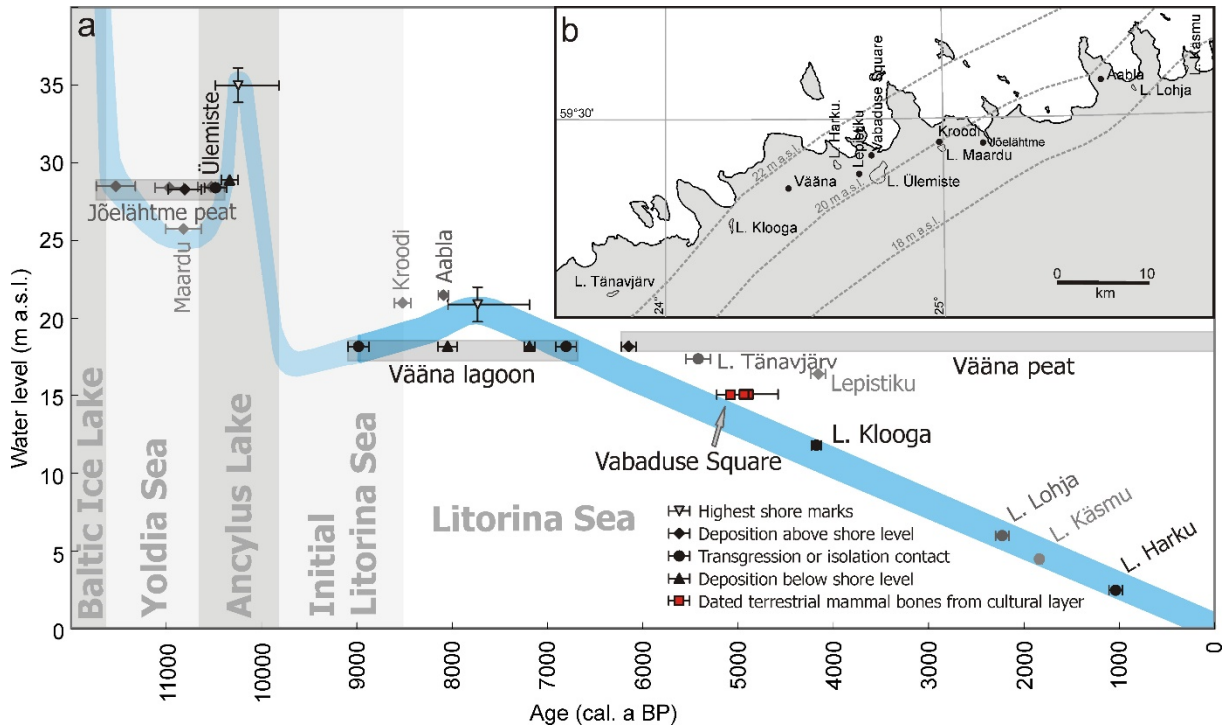
Mineviku veetasemete modelleerimine annab teadmise, kui kõrge ala oli vastaval ajahetkel vee all. Seda teades saab teha järeldusi inimeste paiknemise ja arheoloogiliste leidude vanuse kohta.

Eestit ümbritseva mereveetase on aastatuhandete jooksul palju muutunud. On mõistetav, et erinevate aegade andmeid ei ole võimalik andmeridadena saada, kuna mõõtmisi ei toimunud. Küll aga on teada meid huvitava ajavahemiku maksimumveetase, mille abil saab vastavat valemit kasutades interpoleerida ka teiste aegade veetasemed. Selleks on Litoriiinamere kõrgeima rannajoone tase, mille loome 7500 aasta vanuseks (Saarse et al., 2003) ja arvestame modelleerimisel referentspinnaks.

Lisaks eelmainitud maksimumtasemele on vaja teada, kuidas veetase Litoriiinamere maksimumi ajast tänapäevani muutunud on. Toetudes varasematele uuringutele (Rosentau, 2011; Grudzinska et al., 2013; Muru et al., 2017) võib lihtsustatult öelda, et alates Litoriiinamere maksimumist tänapäevani on suhteline meretase antud uurimisalal ühtlaselt langenud. Kuna uuringuala lõunaosa asub Tallinna kesklinnaga samal Litoriiinamere taseme samajoonel, siis võetakse Tallinna kohta koostatud veetasememuutuste kõver antud töös aluseks (Muru et al., 2017; Joonis 6) ning kõvera referentspunktiks määratakse Valgeristi raba keskosa.

Neid muutusi näitavad veetasemekõverad on loodud kasutades radiosüsinikumeetodil dateeritud setteid, mis annavad teavet veekõrguste kohta ja maakerke infot. Valemis vajaminev noorem veetaseme referentspind on interpoleeritud, kasutades Ekmani poolt Läänemere veemõõdujaamade andmete põhjal (Ekman, 1996) loodud näiva maakerke samakõrgusjoonte

kaarti. Noorema pinna vanuseks arvestatakse arvutustes 100 aasta tagust aega. Referentspindade alusel saab interpoleerida paleoveepinna kalde muutused ajas ja ruumis.



Joonis 6. a) Holotseeni veetaseme muutuste kõver, koostatud Tallinna kohta b) Ülevaatekaart selle kõvera koostamiseks, proovivõtukohad ja Litoriinamere maksimumveetaseme samajooned (Muru et al., 2017). Käesoleva töö uuringuala asub Tallinnaga samal Litoriinameretaseme samajoonel.

Järgneva valemi abil on võimalik leida mistahes ajahetke veepinna kõrgusi noorema ja vanema referentspinna ja veetaseme muutuste kõvera alusel.

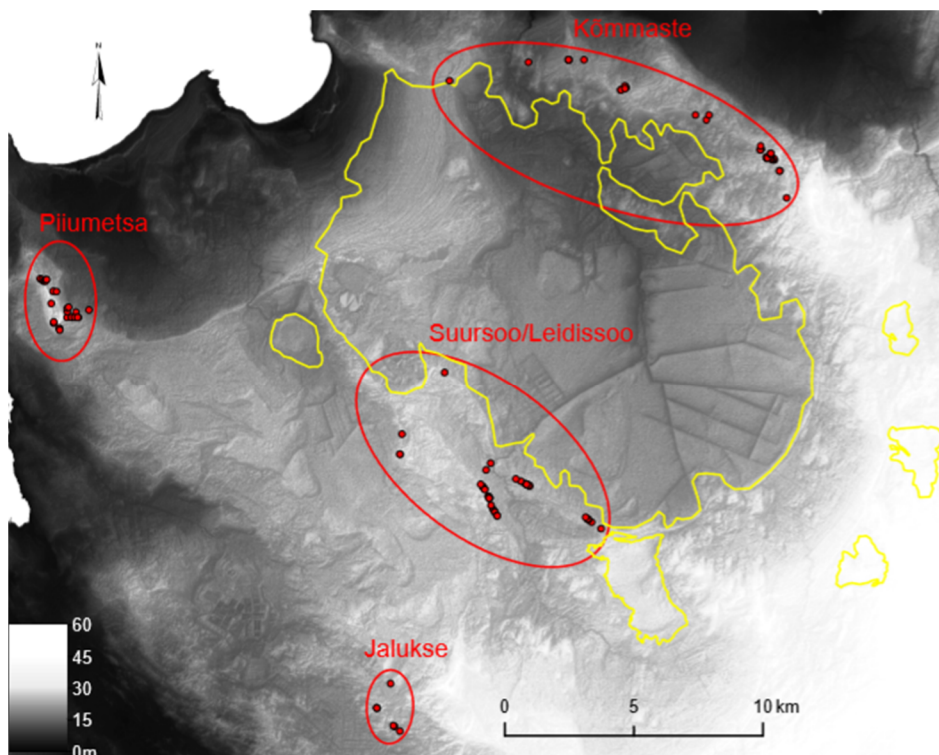
$$H_{ni} = A_n + \frac{L_n - A_n}{T} T_i + d_i$$

Veetaseme H_{ni} ehk suhtelise veetaseme kõrgus punktis n ajahetkel i (meetrit üle praeguse merepinna) on võimalik leida kui on teada: A_n – vanem referentspind; L_n – noorem referentspind; T – aeg staadiumite A_n ja L_n vahel; T_i – aeg staadiumist A tänapäevani ning d_i – referentspunkti kõrvalekalle lineaarsest trendijoonest veetaseme muutuste kõveral. Antud töös on veetaseme muutus loetud lineaarseks.

Saadud veetaseme pindade keskmiste kaldegradientide ja kaldesuundade leidmiseks kasutati vastavalt *Aspect* ja *Slope* tööriistu.

2.4 Kõrgusmodel ja arheoloogiliste leidude paiknemise ja vanuse määramine

Arheoloogiliste leidude absoluutkõrgused on saadud Maa-ameti LIDAR-i andmetest 5x5 m lahutusega rasterkõrgusmodelilt. Vajalikud kaardilehed on valitud nii, et ala hõlmaks Läänemaa Suursood ümbritsevaid vanu rannamoodustisi, arheoloogiliste leidude asukohti ning ka ümberkaudseid soid ja reljeefi (Joonis 7). Kõrgusmodeli abil uuriti piirkonna reljeefi, tuvastati rannamoodustised, võrreldi soode kõrgust ümbritsevaga ja vaadeldi leiupunktide kõrgusvahesid ja paiknemist maastikus.



Joonis 7. Töös kasutatud arheoloogilised leiud (punktidena), nende leidmise piirkonnad (punasega) ja soode piirid (kollasega) reljeefivarjutusega kõrgusmodelil. Loodes ja läänes asuv valge ala tähistab merd.

Arheoloogiliste leidude asukoha- ja leiufinfo on saadud TÜ arheoloogidelt. See sisaldab 2015 ja 2016 aasta Loode-Eesti piirkonna välitööde andmeid (Sander & Kriiska, käsikiri). Arvestades seda, et erinevatel aastatel tehakse välitöid eri piirkondades, siis on tegemist väga uue andmestikuga ning täiesti uue teabega Loode-Eesti kiviaja asustuse kohta. Kui leiukohad olid maastikulise kauguse ning kõrguse poolest üksteisega väga sarnased, siis koondati need üheks leiupunktiks. Peamiselt leiti kvartsi- ja tulekivikilde või lihvimiskive. Leiumaterjali põhjal on tegemist kiviajaga, täpsemat vanusehinnangut ei olnud esemete põhjal võimalik anda (v.a üks karboni tulekivi leid).

Arheoloogilised punktid jaotati suure asukoha erinevuse tõttu ja täpsemate kirjelduste andmiseks uurimisala sees veel eraldi neljaks (Joonis 7). Esimesse gruppi kuuluvad leiud, mis asuvad Lääne-Nigula valla põhjapoolsemasse tippu jääva Piiumetsa metsaala ja Elbiku küla vahel (edaspidi Piiumetsa ala). Teise grupi moodustavad punktid, mis paiknevad kaarjalt läbi Änglema, Vihterpalu, Vilivalla, Altküla, Harju-Risti ja Kõmmaste. Kuna leiupunktid moodustavad kaare piki uuringuala põhjapiiri, siis edaspidiselt nimetataksegi neid uuringuala põhjapoolseteks leidudeks või Kõmmaste leidudeks. Kolmandasse gruppi kuuluvad uuringuala kahe suurima soo ehk Leidissoo ja Suursoo vahele jäävad leiud (edaspidi Suursoo/Leidissoo ala). Viimases grupis on uuringuala lõunapiiril, täpsemalt Jalukse küla ümbruskonnas paiknevad punktid (edaspidi Jalukse leiud).

Loodud paleogeograafiliste rekonstruktsioonide abil anti igale leiupunktile 1000 aasta täpsusega vanusehinnang.

Kuna veetasememuutuste kõver vastab referentspunktile uuringuala lõunaosas Valgeristi raba keskel, siis veetasemega võrdlemiseks korregeeriti leiupunktide kõrgused maakerke erinevuste suhtes, arvestades vahet referents- ja leiupunkti kõrguste vahel vastava vanusega paleoveetasemepinnal. Nii täpsustus leiupunktile esialgu omistatud vanusehinnang. Lõplik vanusehinnang anti 500 a täpsusega.

2.5 Soo andmed ja turbapaksuse mudelite loomine

Ühtset andmestikku kõikide uuringualadel olevate soode, eelkõige turbapaksuste, kohta ei ole. Lisaks ei leidu mõne Loode- Eestis asuva soo kohta üldse andmeid või on need erinevalt esitatud. Sellest tulenevalt läheneti erinevalt ka nende soode turbapaksuste modelleerimisele ja alloleva mineraalse maapinna kõrguse tuvastamisele.

Seega sai uurimisala ja arheoloogiliste leidude asukohti arvestades peamiseks turbapaksuste modelleerimise piirkonnaks sealne kõige suurem soo - Läänemaa Suursoo. Vajalik sookaart, kuhu olid peale märgitud ka turbapaksused, saadi Geoloogiafondist. Kasutatava kaardi mõõtkava oli 1:25000, valmimisaastaks 1981 ning see kuulus teose „Harju rajooni turbamaardlate otsingulis-uuringulised tööd“ lisasse. Koostajaks M. Allikvee.

Paljundatud kaardilehed skaneeriti, pandi kokku kasutades programmi Adobe Photoshop ning viidi üle ArcGISi. Nii sookaart, kui ka teised andmed viidi ArcGISis üle L-EST97 koordinaatsüsteemi. Seejärel ühildati ehk geolokaliseeriti sookaart hästi tuvastatavate punktide

abil (teeristid, kraavide ristumised jne) Eesti põhikaardiga kattuvaks. Edasi kanti sügavuspunktide asukohad koos turbapaksuse infoga kaardile.

Ümberkaudsete soode andmete leidmine erines Läänemaa Suursoo metoodikast. Nende puhul on sügavusandmed ja sookirjeldused saadud Mall Orru raamatust „Eesti turbasood“. Enamasti esinesid sügavused raamatus keskmistena ning neil ei olnud juures koordinaate, vaid kirjeldused vastavalt sootüübile. Geograafilist infot oli siiski mõningal määral, näiteks kohati öeldi, kas turbapaksus vastab soo lõuna- või põhjaosale. Ümberkaudsete soode (va Valgeristi raba) turba sügavuspunktid said kaardile keskmiseid ja maksimumsügavusi arvestades ja põhikaardilt ning mullakaardilt sootüüpide asukoha määramise abil. Valgeristi raba kohta sügavusandmed puudusid, seega tuletati selle turbapaksused ümbruskonna turbalasundite ja maapinna kõrgusmudeli kaudu. Kokku kanti kaardile - Suursoos 1331, Valgeristi rabas 53, Musa rabas 9, Mustjärve ja Larvi rabas 8 ning Valgejärve soos 7 turbapaksuse punkti.

Turbapaksustest loodi turbapaksuste mudel, mis näitab vastavaid väärtuseid soo eri osades. Kasutatud interpoleerimise meetodiks oli *Topo to raster*, mida rakendati 5 meetrise resolutsiooniga. Mudel loob sisse kantud punktide vahele turbapaksuste samakõrgusjooned interpoleerides seeläbi sügavuspunktideta ala. Järvedega alal on korrektse tulemuse saamiseks arvestatud järve sügavuse ja veepõhjas oleva järvemuda paksusega.

Väikese arvu punktide tõttu tekkis sügavuspunktide mudeliks muutmisel ebaloogiline suurte erinevustega turbapind. Ebaühtluse eemaldamiseks lisati vajadusel ise sügavuspunkte kuni mudel omandas loogilise turbalasundi kuju.

3. Tulemused ja arutelu

Töö tulemusena valmis Loode-Eesti paleogeograafiline rekonstruktsioon, mis sisaldab:

- 1) Mere ja maismaa piire, maapinna kõrguseid ning kiviaja asustuse paiknemist näitavaid kaarte 1000 aastase sammuga - algusega Litoriinamere kõrgeima rannajoone ajast 7500 aastat tagasi, jätkudes kaartidega 6500 a.t, 5500 a.t, 4500 a.t, 3500 a.t ja 2500 a.t (Joonised 9, 10, 14, 15, 16).
- 2) Arheoloogiliste leidude andmebaasi, mis sisaldab 127 leiupunkti asukoha ja kõrguse infot koos paleogeograafilise mudeli põhise vanusemääranguga (Lisa 1).

3.1 Litoriinamere veetasememuutused

Veetasemete rekonstrueerimise teel saadud paleoveepindu iseloomustavad üldnäitajad on antud tabelis 1. Nendeks on eri aastatuhandetele vastavad maksimum- ja miinimumveetasemed uuringualal, maakerkest tulenev keskmine paleoveepinna kaldegradient ja kaldesuund (Tabel 1).

Tabel 1. Paleoveepindade üldnäitajad.

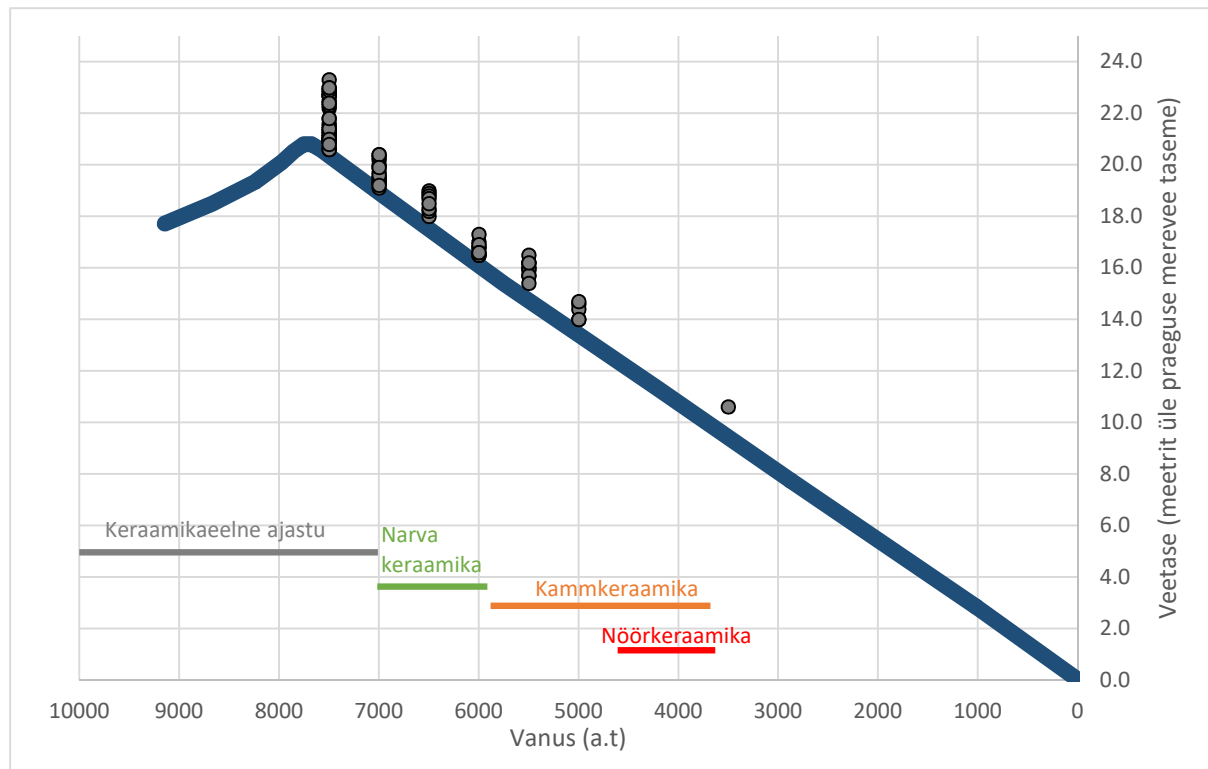
Veetaseme pind	Veetaseme miinimum (m)	Veetaseme maksimum (m)	Keskmine kaldegradient (cm/km)	Keskmine kaldesuund	Allikas
Litoriinamere maksimum 7500 a.t	19,3	25,2	19,90	327,90°	Saarse et.al., 2003
6500 a.t	16,7	21,8	17,24	328,25°	Käesolev töö
5500 a.t	14,1	18,4	14,56	328,26°	Käesolev töö
4500 a.t	11,6	15,1	11,88	328,27°	Käesolev töö
3500 a.t	9,0	11,7	9,20	328,29°	Käesolev töö
Arvutustes kasutatud tänapäevane veepind (100 a.t)	0,21	0,24	0,00	335,23°	Ekman, 1996

Mudelist selgub, et sellel alal ületas Litoriinamere maksimumi veetase 25 meetri piiri ning see toimus ala loodenurgas, mis jääb arheoloogilistest leidudest eemale. Ala kagunurgas oli veetase samal ajal ligi 6 meetrit madalam ehk 19,3 meetrit. Tuhande aasta möödudes oli maksimumveetase langenud 21,8 ja miinimum 16,7 meetrini. Uuringuala loodenurgas veetase vähenes kuni ajani 3500 aastat tagasi väga ühtlaselt, täpsemalt 3,4 meetrit iga aasta kohta. Veetaseme miinimum kagunurgas erineb vähenemise väärtuse poolest, milleks on 2,6 meetrit,

kuid jälgib samuti ühtlast trendi. Ajaks ligikaudu 3500 aastat tagasi oli kagus veetase võrreldes algusega langenud 10 meetrit ja jõudnud 9 meetri tasemele. Loodes langes veidi rohkem ja oli 3500 a.t jõudnud tasemeni 11,7 meetrit. See on ka muuhulgas ajaks, kuhu paleogeograafiliste rekonstruktsioonide põhjal tehtud hinnangud paigutavad kõige noorema arheoloogilise leiu. Keskmise veepinna kaldegradient oli maksimumi ajal 19,9 cm kilomeetri kohta. Langedes edasi iga tuhande järgneva aastaga ligi 2,7 cm/km, jõudes 3500 aasta taguseks ajaks 9,2 sentimeetrini kilomeetri kohta. Kaldesuuna arvutused näitasid, et maakerke erisustest tingituna on veepindade kalde asimuut uurimisalal ligikaudu 328°, mis on üldtuntud loode-kagu suunaline. Võrreldes varasemate uurimustega (Saarse et al., 2003; Rosentau et al., 2013) on näha, et kogu Eesti alal Litoriinamere veepindade kalde asimuut erineb mõne kraadi ulatuses.

3.2 Arheoloogilised leiud

Kokku analüüsiti 127 arheoloogilist leiupunkti, mis leiumaterjali põhjal kuuluvad kiviaega. Sarnase maastikulise kauguse ja kõrgusega punktide koondamise tulemusena kanti graafikule 91 leiupunkti. Valminud paleoveepindade ja paleogeograafiliste rekonstruktsioonide abil sai igale punktile määrata ajahinnangu ehk vanuse, millal antud koht võidi asustada eeldusel, et tegemist on asulaga, mis loodi rannajoone vahetusse lähedusse. Vanus määrati 500 aastase täpsusega. Koostati graafik, millel on näha arheoloogiliste leiupunktide eeldatav vanus, kõrgusmudelilt mõõdetud kõrgus (maakerke suhtes korrigeeritud) ja üldine läbi aja jooksev veetaseme kõver (Joonis 8). Kiviaja perioodide paigutamisel on lähtutud raamatu „Eesti muinasaeg“ jaotusest. Joonisele on Litoriinamere maksimumi esiletoomiseks lisatud ka varasem suhtelise veetaseme tõusu ajajärk.



Joonis 8. Arheoloogiliste leidude paigutamine kõrgus-vanuselisel Litoriaamere suhtelise veetaseme muutuste kõveral.

Tuleb arvestada, et igale punktile määratud vanus on maksimaalne võimalikest ehk vanus peale punkti asukoha vee alt vabanemist. Alati jääb võimalus, et punkt on määratud ajahinnangust noorem. Varasematest töödest järeldub (Rosentau et al., 2013; Muru et al., 2017), et Narva ja kammkeraamika aegne asustus paiknes rannajoonest keskmiselt 1-3 meetrit kõrgemal, see oli vajalik, et olla kaitstud ajutiste lainetuste eest. Rannasidusa asustuse puhul kasutatud meetod ei sobi nooremate leidude uurimiseks, kuna vastupidiselt Narva ja kammkeraamikale ei olnud hiljem vee lähedal paiknemine enam oluline seoses üleminekuga põlluharimisele-karjakasvatusele ja paiksele eluviisile. Nagu ka jooniselt näha, siis eraldub teistest ajaliselt noorem eeldatavalt 3500 a.t nöörkeraamika punkt.

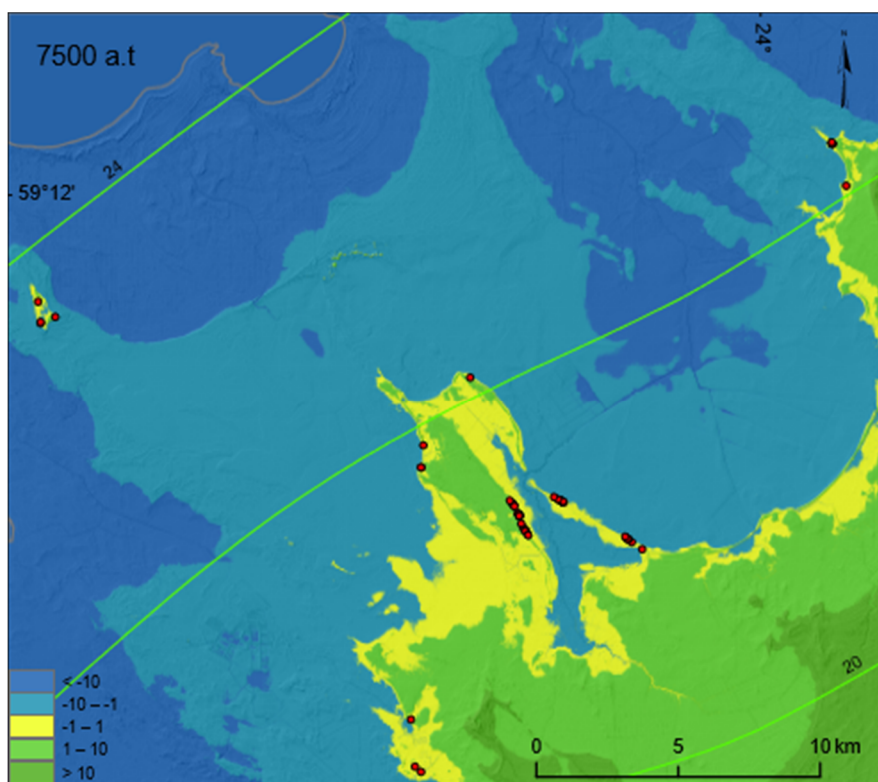
3.3 7500-2500 aastat tagasi toimunud maastikumuutused

Aja jooksul toimusid uuringualal üha madalamast veetasemest tingitud olulised maastikulised muutused, mida näitavad joonistel 9-16 esitatud paleogeograafilised rekonstruktsioonid.

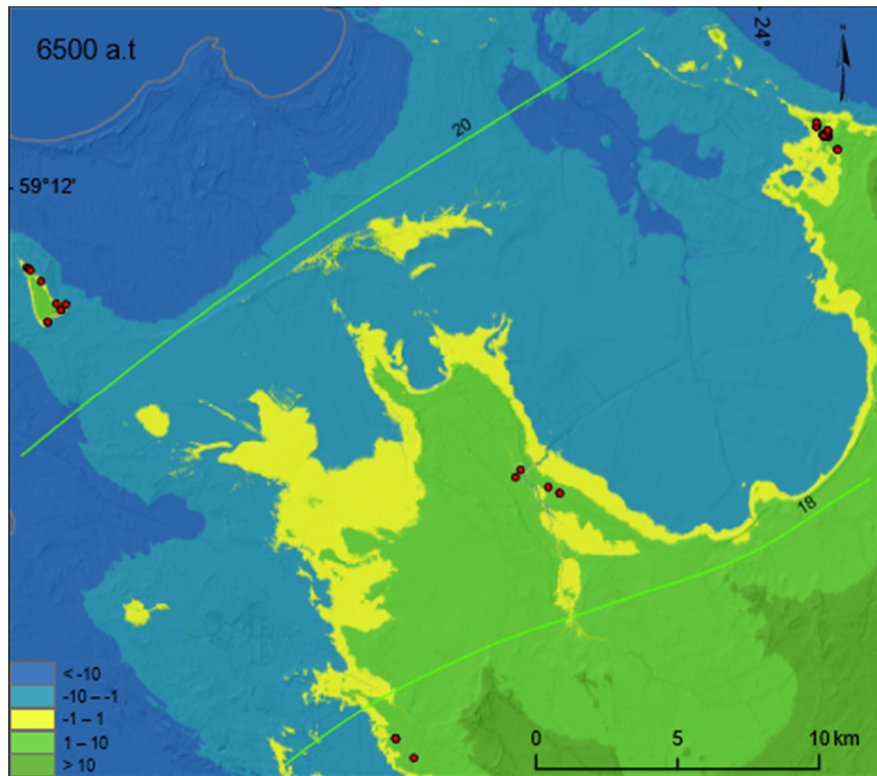
Nagu esimeselt Litoriaa maksimumi kaardilt näha, siis 7500 a.t ulatus merevesi kaugele sisemaale (Joonis 9). Näiteks Suursoo ala selleaegne ja praegune rannajoon asuvad üksteisest ligi 20 km kaugusel. Tänapäevane Suursoo kaarjas lõunapoolne ala oli sel ajal laheks,

sügavusega valdavalt kuni 10 m. Lahest lääne pool Hindaste järve lähedal Välu külas nägi reljeefis poolsaare sarnast moodustist ja läänes Kõmmaste kandis neeme. Need olid 7500 a.t kaks põhjapoolsemat punkti, kus võis näha maismaad. Neis paigus ulatub tänapäevane maapind 25 m ü.m.p. Täpselt poolsaare ja neeme tollasel rannajoonel (22 m ü.m.p. praeguses maastikus), asuvad ka vanimad arheoloogide poolt leitud 7500 aasta vanused inimtegevuse jäljed. Leiud jätkuvad liikudes kõrgematel aladel mööda vana rannavalli poolsaarelt maismaa poole. Suurim tihedus leiukohti on tänase Suursoo lahest edelasse moodustunud laguuni kallastel ning sama lahe kaldal laguuni vahetus läheduses.

Nagu teooriaosas mainiti, siis sama aja leide võib praktikas leida tänapäevasest rannajoonest väga erinevatel kaugustel, sõltuvalt maapinna kõrguse kasvust. Nii on ka praegu uuritud punktide puhul osad 7500 aasta vanused punktid küllalt tänase rannajoone lähedal Piiumetsa alal ja teine grupp leide palju rohkem lõuna pool asuvas Jalukse külas. Kui Jalukse küla 6 leidu on kõik suures osas samast ajast, rekonstruktsiooni järgi 7000 ja 7500 a.t, siis Piiumetsa alal on tulemused teistsugused (Joonis 9, 13).

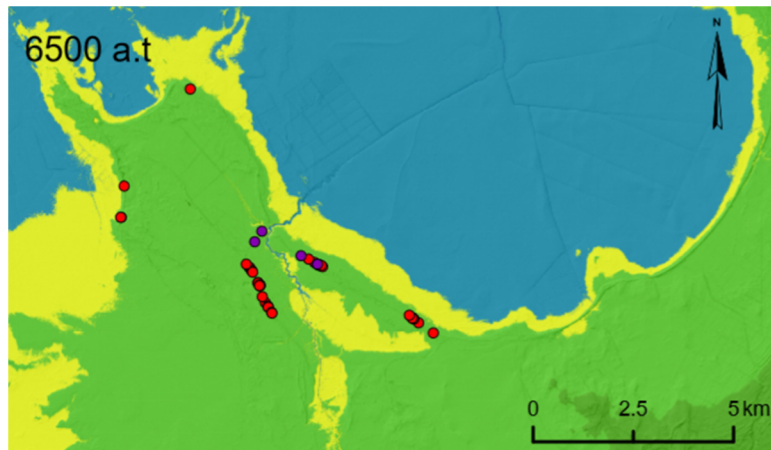


Joonis 9. 7500 a.t paleogeograafiline rekonstruktsioon koos vastava aja leiupunktidega. Värviskaala mõõtühikuks meetrid üle mere pinna (m ü.m.p). Kollasega on visualiseeritud rannavöönd 0 ± 1 m ü.m.p.



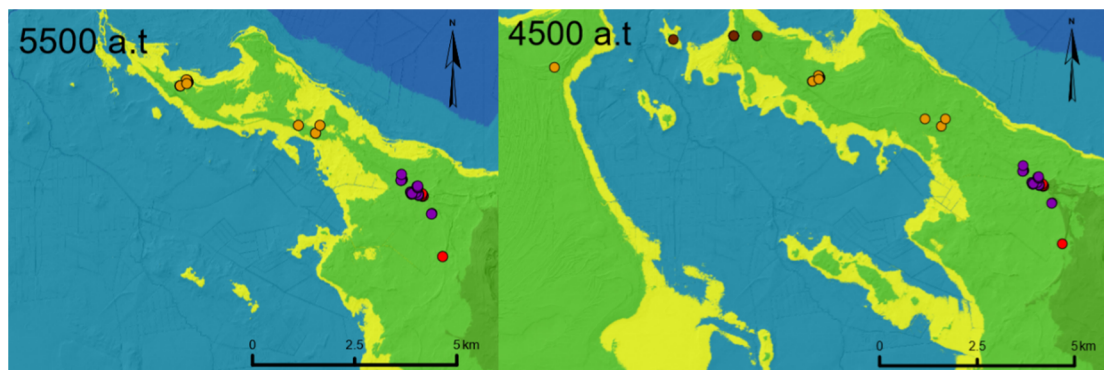
Joonis 10. 6500 a.t paleogeograafiline rekonstruktsioon koos vastava aja leiupunktidega. Värviskaala mõõtühikuks meetrid üle mere pinna (m ü.m.p). Kollasega on visualiseeritud rannavöönd 0 ± 1 m ü.m.p.

Ajavahemikul 7500 - 6500 a.t moodustus Piiumetsa ala saartest kokku üks suur saar. Aega 6500 a.t kajastaval rekonstruktsioonil on näha, et Suursoo laht on muutunud korrapärasemaks – väikseid saari on jäänud vähemaks ja poolsaared selgema kuju võtnud. Laguun on merest eraldunud, maismaastunud ja sinna on kujunenud jõgi. Kahe laiema jõekäänaku ja maapinna kõrguste järgi oletades võis seal esineda vahelduv jõe ja järvede kett. Rekonstruktsioonidel kollasega märgitud vahemik -1 kuni 1 m ü.m.p viitab, et jõe kõige lähimad kollased alad olid tõenäoliselt vee all. Märkimisväärne on see, et tuhande aasta jooksul ei ole kaardi keskosas paiknenud asulad kindla suunitlusega mere poole liikunud. Pigem on liigutud eelmainitud jõe ja oletatavate järvede suunas (Joonis 11).



Joonis 11. Suurendus 6500 a.t rekonstruktsioonist Suursoo-Leidisoo vahelisel alal. Jõe ääres on näha 7500 a.t leiud (punased) ja 6500 a.t leiud (lillad).

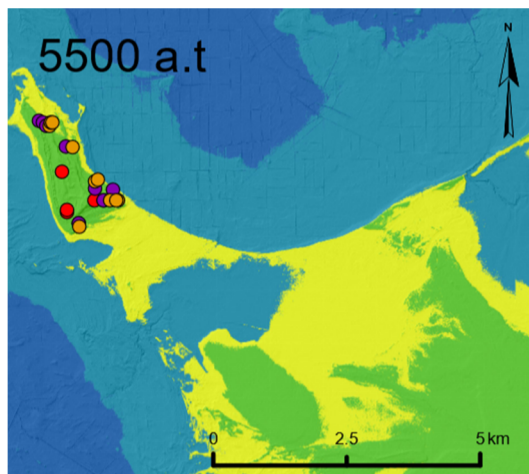
Lisaks hakkab Leidisoo põhjaossa moodustuma mõõtmete poolest palju väiksem, kuid üldjoontes Suursooga sarnane laht. Ka Kõmmaste kandis oli nüüdseks meri taandunud ja sealse poolsaare tipust oli võimalik kiviaja inimestel edasi liikuda. Seda nad ka tegid, arheoloogiliste leidude paiknemine kinnitab, et 6500 a.t on vee taganedes ka veele lähemale mindud ja see tuleb ka kaardipildis laugemate aladega piirkondades hästi esile (Joonis 12).



Joonis 12. Suurendus 4500 a.t ja 5500 a.t rekonstruktsioonidest Kõmmaste alal. Joonistele on lisatud 4500 a.t (pruuniga), 5500 a.t (oranžiga), 6500 a.t (lillad) ja 7500 a.t (punased) leiupunktid.

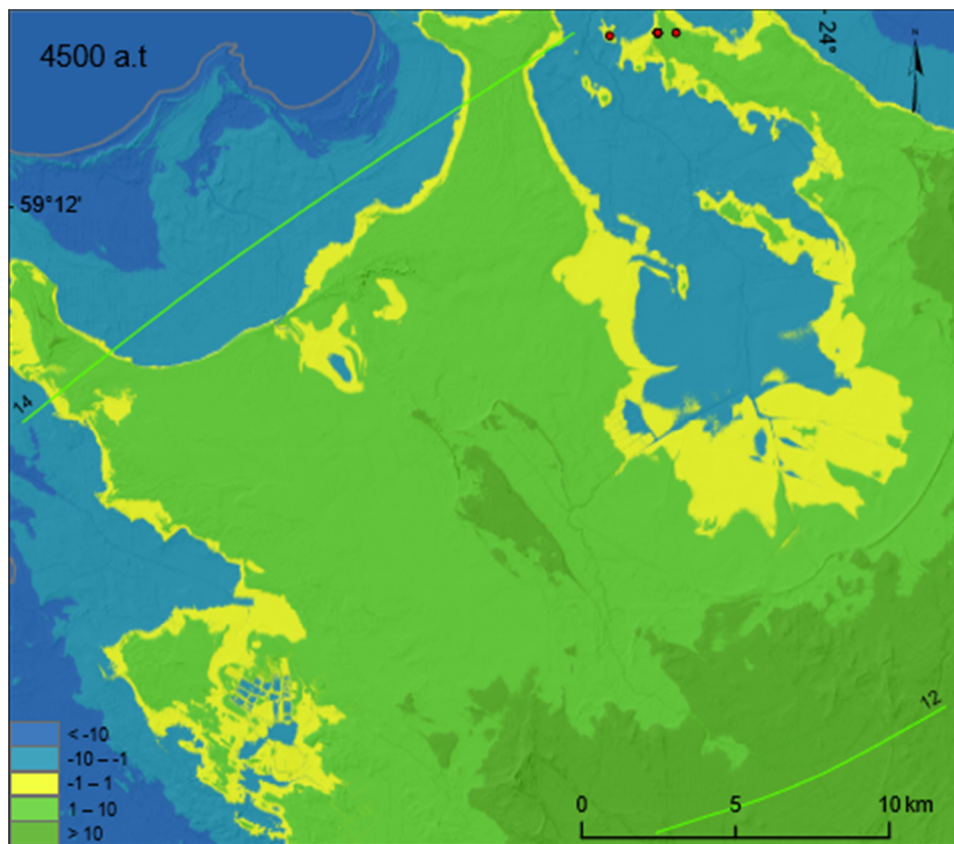
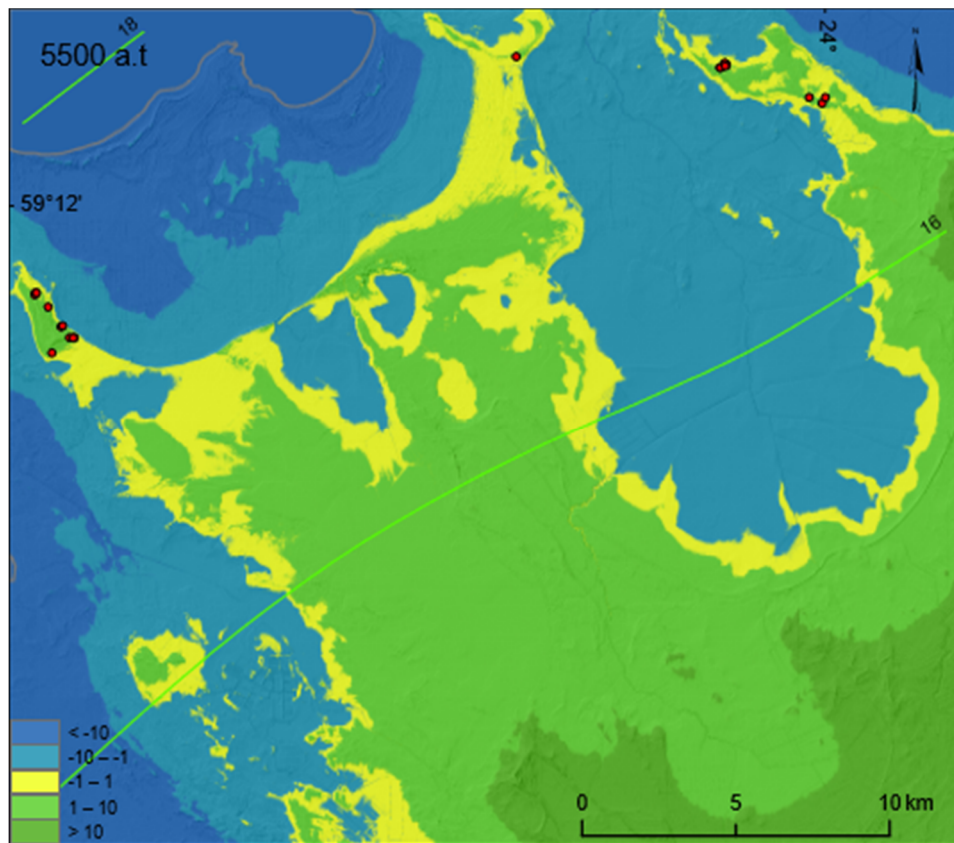
Piiumetsa ala on teiste leiupunkti gruppidega võrreldes kõige huvitavam ning see on tingitud sellest, et seal asub kõrgem ala, mis on küllalt järskude nõlvadega. See omakorda andis võimaluse, et väga lähestikku asuvad mitmetuhande aastase erinevusega leiud. Sellel ligi 5000 a.t ajani saarena püsinud ning edasi poolsaarena olnud ala leiupunktidele määrati vanuseid

vahemikus 7500 - 3500 a.t (Joonis 13). Rohkelt on leide vanusega 7500 – 5000 a.t, nooremaid on küll ainult üks, millele võib rekonstruktsiooni järgi pakkuda vanuseks ligi 3500 aastat.



Joonis 13. Suurendus 5500 a.t rekonstruktsioonist Piiumetsa piirkonnas. Joonisel on 7500 a.t leiud (punased), 6500 a.t leiud (lillad) ja 5500 a.t leiud (oranžid).

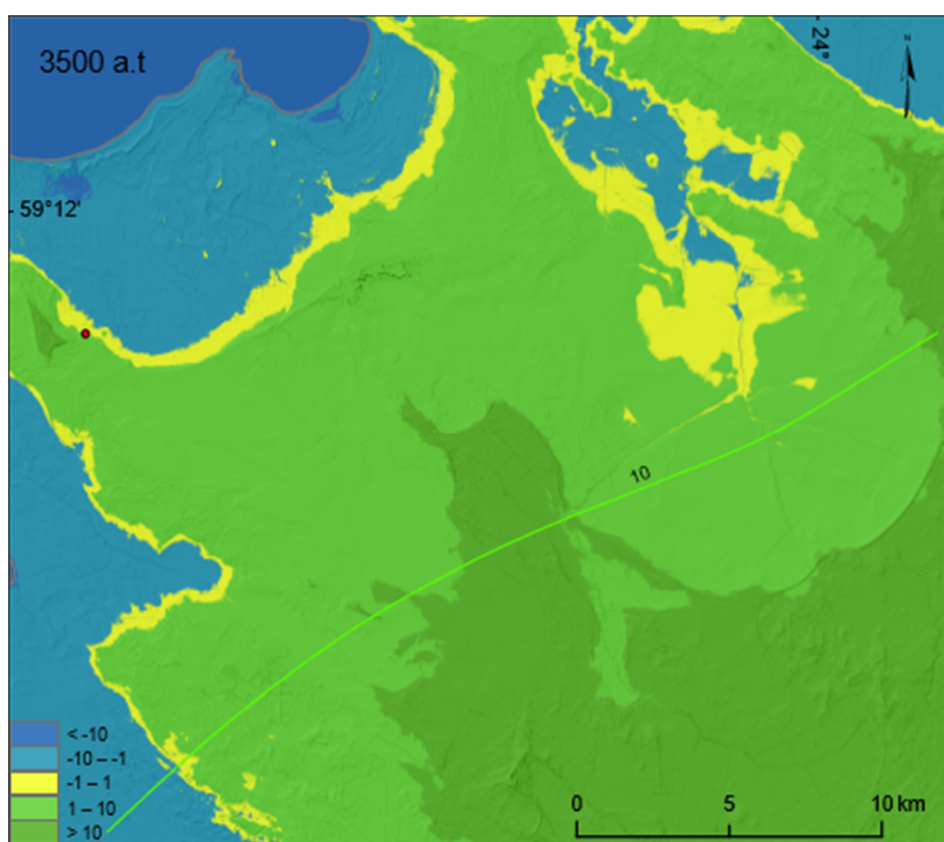
Ajal 6500 – 5500 a.t on Leidissoo alal olev laht täiesti väljakujunenud ja seda ümbritsev maismaa-ala nii itta kui läände laienenud. Kõmmastes, mille moodustavad uuringuala põhjapoolsemad leiud, on vahepealse ajaga taaskord meri taganenud, maa kerkinud ja küttide-korilaste asulad merele lähemale liikunud. Samamoodi jätkub sealne liikumine ka järgmisel aastatuhandel, viimased arheoloogilised leiud selles piirkonnas ongi 4500 aasta vanused (Joonis 12). Suursoos paiknev laht on, eriti merepoolsest osast, muutunud kitsamaks ning 4500 a.t kaarti vaadates on näha, et Suursoo ala hakkab tasapisi merest eralduma ning selle keskele on tekkinud mitu väikest saart. Suursoo lahe rekonstrueeritud sügavusi ja merest eraldumise aega saab lugeda usaldusväärseks, sest sealsete turbapaksuste kohta olid olemas täpsed ja tihedad mõõtmisandmed. Samal ajal on järveks muutunud Leidissoo laht, see veekogu on tänapäeval Musa raba, mida ühendab merega Nõva jõgi. 5500 a.t rekonstruktsioonilt on näha ka Tänavjärve moodustumise algfaasi. Varasemas uuringus (Grudzinska et al., 2013) leiti, et Tänavjärv oli lõplikult järveks kujunenud 5400 a.t. See ajaline määratlus ühtib hästi antud töö rekonstruktsiooniga (Joonis 14). Arvatakse, et selle kõrval asuv Vesikijärv eraldus merest ligi 4500 a.t (Kivistik, 2012), kuid rekonstruktsioonide põhjal toimus see kuni 1000 aastat varem.



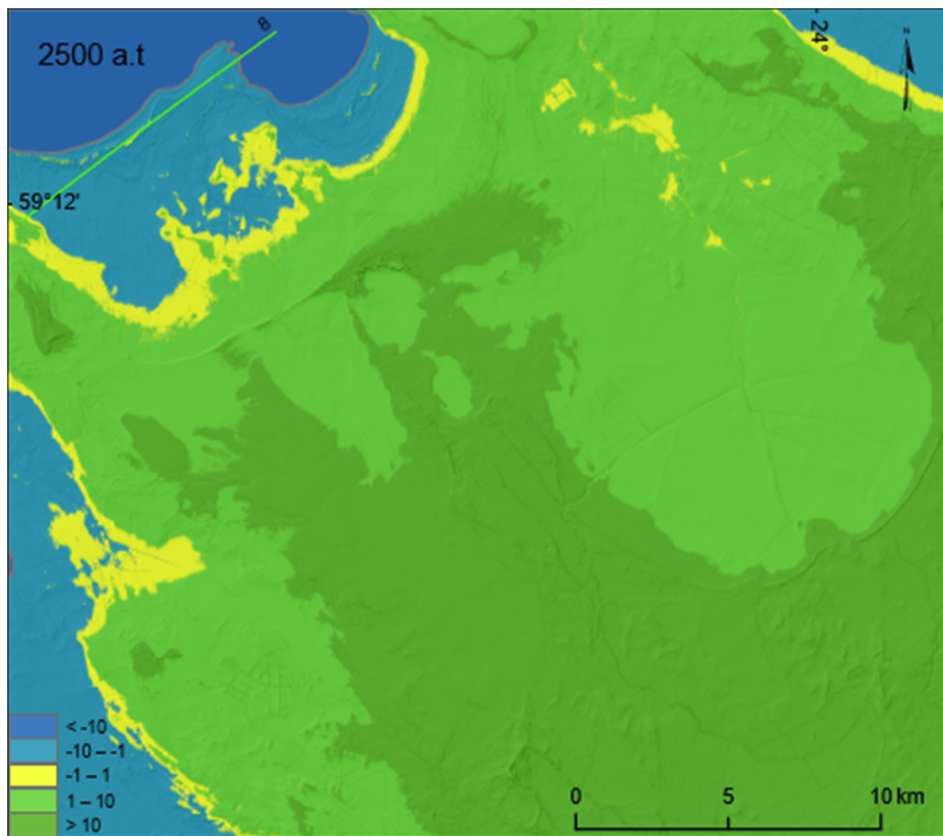
Joonis 14. 5500 ja 4500 a.t rekonstruktsioonid koos vastava aja leidudega. Värviskaala mõõtühikuks meetrid üle mere pinna (m ü.m.p).

Ajaks 3500 a.t on maastikus toimunud järgmised muutused: Kõmmaste kitsas maa-ala on läinud laiemaks; Suursoos olev vesi on veelgi taandunud ja moodustunud saarte ja poolsaarte süsteem; uuringuala edelaosast on liigestatud lahtedega alast moodustunud üks suur poolsaar; juba varem mainitud arheoloogiline leid vanusega 3500 aastat on sel ajal mererannas (Joonis 15).

2500 a.t küll enam arheoloogilisi leide ei olnud, kuid rekonstruktsioonilt saab maastikulised muudatused sellegipoolest teada. Maismaapind on 5000 aasta kõige kompaktsem, ulatudes mõnes kohas põhjapiiril ka tänapäevase rannajooneni. Kõik uuringualal varem eksisteerinud lahesopid on maismaastunud (Joonis 16).



Joonis 15. 3500 a.t rekonstruktsioon koos ühe selleaegse leiuga. Värviskaala mõõtühikuks meetrid üle mere pinna (m ü.m.p).



Joonis 16. 2500 a.t rekonstruktsioon. Värviskaala mõõtühikuks meetrid üle mere pinna (m ü.m.p).

Ajalis-ruumilise modelleerimise tulemusel loodud paleogeograafilised kaardid võimaldavad näha rannaala ja veepindade muutusi kohtades, kus see ei ole muude meetoditega andmepuuduse tõttu võimalik. Teisalt on pidev kõikide leidude dateerimine ajaliselt ja rahaliselt kulukas. Arheoloogid suudavad ka varasemale teadmisele tuginedes (ilma dateeringuteta) leiumaterjali põhjal mitmete leidude vanuseid hinnata ja just nende hinnangute täpsustamiseks saabki kasutada GIS analüüsi. Antud töös kasutatud 2015 ja 2016 aastal Loode-Eestist kogutud leidude puhul arheoloogiliselt hinnati ajavahemikuks Narva ja kammkeraamika perioodid kokku. Rekonstruktsioonid täpsustasid neid vanusehinnanguid oluliselt, andes igale leiule vanuse 1000 a täpsusega. Ainsa materjali põhjal täpsemini dateeritava leiu (karboni tulekivi tükk – kammkeraamika periood) puhul rekonstruktsioonidega saadud ja arheoloogide endi vanusehinnangu määrangud ühtivad.

Uurimisalalt leitud kõige vanemad inimtegevuse jäljed jäävad Litoriinamere maksimumi 7500 a.t ehk keraamikaeeelse aega, need paiknevad kõrge meretaseme tõttu tänasest rannajoonest võimalikult kaugel või Piiumetsa alal, kus maapind ise oli kõrgem ehk kuhu oli tekkinud saar. On võimalik, et mõned sellel alal potentsiaalselt asuvad leiud, on ka vanemad kui 7500, kuid

seda ei ole võimalik määrata, kuna Litoriinamere maksimumtasemele eelnenud transgressiooni käigus on need mattunud või minema kantud. Järgmised 6500 a.t leiud jäävad arheoloogide ajaskaalal Narva keraamika ja 5500-4500 a.t leiud kammkeraamika aega. Kuna asustus järgib järjest kaugenevat rannajoont, siis võib oletada, et peale vee läheduse teisi põhjuseid oma elukohta muuta ei olnud.

Järeldused ja kokkuvõte

Paleogeograafilised rekonstruktsioonil ja GIS modelleerimisel on ühe kindla dateeringuga saadud ajamääranguga võrreldes mitu eelist. Rekonstruktsioon võimaldab vaadelda muutusi nii ruumiliselt kui ajaliselt; sellelt on võimalik näha, kuidas vesi on mõjutanud ümbritseva ala maastikku; võimaldab pinnavormidele ja arheoloogilistele leidudele anda vanusehinnanguid ja võrrelda meretaseme taandumist eri piirkondades ning omab eelist meetodikate ees, mida pole andmepuuduse tõttu võimalik nii kauge mineviku uurimiseks kasutada. GIS analüüsi on kõige efektiivsem kasutada koos arheoloogide poolt saadava infoga, nagu ka antud töös tehti, ning seeläbi üksteise teadmisi täiendada.

Töö eesmärkideks oli paleomaastiku rekonstrueerimine Loode-Eesti viimastel aastatel avastatud kiviaja asulakohtade ümbruses. Eesmärgist lähtuvalt püstitati uurimisküsimused: (1) kas kiviaegne asustus järgib rannajoone muutusi, (2) kas ning kuidas on paleogeograafiliste rekonstruktsioonide põhjal võimalik arheoloogilisi leide ajaliselt jaotada

Uurimistöö koostamisel kasutati varasemalt väljatöötatud meetodikat. Rekonstruktsioonid loodi Geoloogiafondi, Maa-ameti, Tartu Ülikooli arheoloogide ja varasemate teiste autorite uurimistöodes Läänemere veetaseme muutuste rekonstruktsioonide jaoks kogutud andmete põhjal. Valmis 6 rekonstruktsiooni (7500 a.t, 6500 a.t, 5500 a.t, 4500 a.t, 3500 a.t ja 2500 a.t) ja arheoloogiliste leidude andmebaas paleogeograafilise mudeli põhise vanusehinnanguga 127 leiukohale. Töö tulemused näitavad, et dateerimata Narva ja kammkeraamika aegsete arheoloogiliste leidude vanust saab paleogeograafilise modelleerimise abil edukalt täpsustada.

Uurimistöö tulemustega kinnitati, et uuringualal on perioodi 7500-4500 a.t jooksul elatud rannasidusat elu. Asustuse rannasidusus ning asustuse järgnemine rannajoonele on terve selle aja vältel pidev ja seda on ruumiliselt näha kõigis neljas uuringualal olevas leiupiirkonnas. 7500 a.t elati piirkonda moodustunud lahe ja laguuni ääres. Tuhat aastat hiljem on asustus paiknenud jõe kallastel, mis asus tolleaegse mere läheduses. Ajavahemikul 5500-4500 a.t järgib asustus pidevat rannajoone muutumist.

Elu Läänemere ümbruses on viimaste aastatuhandete jooksul peamiselt mõjutanud mereveetase. Seega tuleb ka kiviaja asustust uurides eelkõige lähtuda veetasememuututest. Töö on loodud eeldusel, et alates Litoriiinamere maksimumist tänapäevani on suhteline meretase antud uurimisalal ühtlaselt langenud. Veekõrguste ja sellest tulenevalt ka ajahinnangute määramisel arvestati leiupunktides esineva maakerkega. Just

meretasememuutuste ja maakerkeandmetest lähtumine võimaldas kiviaja leidude vanused määrata 500 aastat täpsusega.

Siinse töö arheoloogiliste andmete puhul on tegemist väga uue infoga, mida pole veel üheski uurimuses kasutatud ning millele käesolev töö andis loodusgeograafilise konteksti. Seega annab töö oma panuse rannasidusa asustuse ja laiemalt Eesti kiviaja uurimisse.

Palaeogeographic reconstructions of Stone Age shorelines in northwest Estonia

Mikk Olesk

Summary

The aim of the thesis is to create spatio-temporal model to show relative sea level lowering since Litorina Sea highest shoreline at about 7500 years ago and to define the locations of archaeological sites in relation to their contemporary coastal settings and determine the age of the shore-bound sites.

Palaeo sea levels, post-glacial land uplift, terrain and archaeological data were used for palaeogeographic reconstructions. The modelling was done using GIS approach. This thesis is based on data provided by Geological Survey of Estonia, Estonian Land Board, Tartu University archaeologists and previous palaeogeographical studies of Estonian coastal areas. The archaeological data were collected recently which makes this a new dataset which required palaeolandscape context.

The analysis of sea level and coastal landscape changes were performed in order to specify archaeological knowledge about Stone Age settlement in northwest Estonia. The six palaeogeographical reconstructions were made – 7500, 6500, 5500, 4500, 3500 and 2500 years ago. Two main assumptions while making these reconstructions were the linear Litorina Sea fall from 7500 years ago to nowadays and the shore-bound lifestyle of Late Mesolithic and Neolithic hunter-gatherers on Baltic Sea coasts. Archaeological sites analysis is based on 127 find locations. The age of each find was determined with an accuracy of 500 years.

The results of this paper showed that in all parts of the study area the archaeological sites are following the regression of shoreline. The shore-bound settlement occurs for a period from 7500 to 5000 y. a. The oldest findings were 7500 and youngest find was 3500 years old. 7500 y. a lagoon and large bay was formed in the area, the settlements were mostly located close to the shores of the lagoon. On 6500 reconstruction the settlements seem to be connected to riverbanks close to the coast. From 5500 to 3500 a gradual decrease of the elevation of settlement sites is seen as these follow the regressing shoreline.

The palaeogeographic reconstructions created in this study offered new insight to Stone Age shore-bound settlement development in northwest Estonia.

Tänuõnad

Soovin väga tänada oma juhendajaid Merle Muru ja Alar Rosentaud, kes teema valikul ja töö koostamisel nõu ja jõuga igakülselt abiks olid. Samuti soovin tänada kõiki teisi, kes aitasid kaasa töö valmimisele.

Kasutatud kirjandus

Andrén, T., Björck, S., Andrén, E., Conley, D., Zillén, L., Anjar, J. 2011. The development of the Baltic Sea Basin during the last 130 ka. In: Harff, J., Björck, S., Hoth, P. (eds.) *The Baltic Sea Basin. Central and Eastern European Development Studies*. Berlin: Springer-Verlag, 75-97.

Arold, I. 2005. Eesti maastikud. Tartu.

Ekman, M. 1996. A consistent map of the postglacial uplift of Fennoscandia. *Terra Nova* 8, 158-165.

Grudzinska, I., Saarse, L., Vassiljev, J., Heinsalu, A. 2013. Mid- and late – Holocene shoreline changes along the southern coast of the Gulf of Finland. *Bulletin on the Geological Society of Finland*, 85, 19-34.

Habicht, H-L., Rosentau, A., Jõelet, A., Heinsalu, A., Kriiska, A., Kohv, M., Hang, T., Aunap. 2016. GIS-based multiproxy coastline reconstruction of the eastern Gulf of Riga, Baltic Sea, during the Stone Age. *Boreas* 46(1), 83-99.

Hang, T., Kokovkin, T. 1999. Simulation of the Post-Glacial Baltic Sea Shorelines on Hiiumaa island West Estonian Archipelago. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology*, 48(2), 99-109.

Harff, J., Meyer, M. 2011. Coastlines of the Baltic Sea – zones of competition between geological processes and a changing climate: Examples from the Southern Baltic. In: Harff, J., Björck, S., Hoth, P. (eds.) *The Baltic Sea Basin. Central and Eastern European Development Studies*. Berlin: Springer-Verlag, 149-164.

Huurre, M. 1986. The Eastern Contacts of Northern Fennoscandia in the Bronze Age. *Fennoscandia Archaeologica III*, 51-58.

Jöns, H. 2011. Settlement Development in the Shadow of Coastal Changes – Case Studies from the Baltic Rim. In: Harff, J., Björck, S., Hoth, P. (eds.) *The Baltic Sea Basin. Central and Eastern European Development Studies*. Berlin: Springer-Verlag, 301-336.

Kivistik, A. 2012. Rahutu looderannik muudab pidevalt oma ilmet. Eesti Loodus, 2012/1.

- Kriiska, A. 2000. Settlements of coastal Estonia and maritime hunter-gatherer economy. *Lietuvos archeologija*, 19, 153-166.
- Kriiska, A. 2001. Stone Age Settlement and Economic Processes in the Estonian Coastal Area and Islands. Academic Dissertation, Helsinki.
- Kriiska, A. 2003. From hunter-fisher-gatherer to farmer – Changes in the Neolithic economy and settlement on Estonian territory. *Archaeologia Lituana*, 4, 11-26.
- Kriiska, A., Gerasimov, D.V., Nordqvist, K., Lisitsyn, S.N., Sandel, S., Kholkina, M.A. 2016. Stone Age Research in the Narva-Luga Klint Bay Area in 2005-2014. *Iskos* 11, 101-115.
- Kriiska, A., Lõugas, L. 2009. Stone Age settlement sites on an environmentally sensitive coastal area along the lower reaches of the River Pärnu (south-western Estonia), as indicators of changing settlement patterns, technologies and economies. In: McCartan, S., Schulting, R., Warren, G., Woodman, P. (eds.) *Mesolithic Horizons: Paper presente at the Seventh International Conference on the Mesolithic in Europe*. Oxbow Books: Oxford, 167-176.
- Kriiska, A., Tvaauri A. 2002. Eesti muinasaeg. Avita, 259 lk.
- Lambeck, K., Smither, C., Ekman, M. 1998. Tests of glacial rebound models for Fennoscandinavia based on instrumented sea- and lake-level records. *Geophysical Journal International* 135, 375–378.
- Maa-ameti geoportaali kaardirakendus. <https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis>. Viimati vaadatud 27.05.2018.
- Muru, M. 2014. Narva-Lauga klindilahe paleogeograafilised rekonstruktsioonid. Seminariettekanne, Tartu.
- Muru, M. 2017. GIS-based palaeogeographical reconstructions of the Baltic Sea shores in Estonia and adjoining areas during the Stone Age. Academic dissertation. Tartu.
- Muru, M.; Rosentau, A.; Kriiska, A.; Lõugas, L.; Kadakas, U.; Vassiljev, J.; Saarse, L.; Aunap, R.; Küttim, L.; Puusepp, L.; Kihno, K. (2017). Sea level changes and Neolithic hunter-fisher-gatherers in the centre of Tallinn, southern coast of the Gulf of Finland, Baltic Sea. *Holocene*, 27(7), 917–928.

- Muru, M., Rosentau, A., Preusser, F., Plado, J., Sibul, I., Jõelet, A., Bjursäter, S., Aunap, A., Kriiska, A. 2018. Reconstructing Holocene shore displacement and Stone Age palaeogeography from a foredune sequence on Ruhnu Island, Gulf of Riga, Baltic Sea. *Geomorphology*, 303, 434-445.
- Orru, M. 1995. Eesti turbasood. Eesti Geoloogiakeskus.
- Orru, M., Allikvee, H., Veldre, M., Ramst, R., Sirokova, M. 1981. Harju rajooni turbamaardlate otsingulis- uuringuliste tööde aruanne. Eesti Geoloogiakeskus.
- Poska, A., Veski, S. 1999. Man and Environment at 9500 BP. A palynological study of an Early-Mesolithic settlement site in South-West Estonia. *Acta Palaeobotanica*, 2, 603–607.
- Raukas, A. 1995. Eesti Loodus. Valgus, Tallinn, 606 lk.
- Rosentau, A. 2006. Development of proglacial lakes in Estonia. PhD Thesis. Tartu.
- Rosentau, A., Muru, M., Kriiska, A., Subetto, D. A., Vassiljev, J., Hang, T., Gerasimov, D., Nordqvist, K., Ludikova, A., Lõugas, L., Raig, H., Kihno, K., Aunap, R., Letyka, N. 2013. Stone Age settlement and Holocene shore displacement in the Narva-Luga Klint Bay area, eastern Gulf of Finland. *Boreas*, 42, 912-931.
- Rosentau, A., Vassiljev, J., Saarse, L., Kriiska, A. 2008. Time-space palaeogeographic model for Estonian coastal zone. International Geological Congress, Oslo.
- Rosentau, A., Veski, S., Kriiska, A., Aunap, R., Vassiljev, J., Saarse, L., Hang, T., Heinsalu, A., Oja, R. 2011. Palaeogeographic Model for the SW Estonian Coastal Zone of the Baltic Sea. In: Harff, J., Björck, S. and Hoth, P. (eds.) *The Baltic Sea Basin. Central and Eastern European Development Studies*. Berlin: Springer-Verlag, 165-188.
- Saarse, L., Heinsalu, A., Karhu, J., Vassiljev, J. 2000. Holocene shoreline displacement and palaeogeography of the Kõpu Peninsula, Hiiumaa Island, Estonia. *Baltica*, 13, 15–23.
- Saarse, L., Vassiljev, J., Miidel, A. 2003. Simulation of the Baltic Sea Shorelines in Estonia and Neighbouring Areas. *Journal of Coastal Research*, 19(2), 261-268.
- Saarse, L., Vassiljev, J., Miidel, A., Niinemets, E. 2006. Holocene buried organic sediments in Estonia. *Proc. Estonian Acad. Sci. Geol*, 55, 4, 296-320.
- Saarse, L., Vassiljev, J., Rosentau, A. 2009. Ancylus Lake and Litorina Sea transition on the Island of Saaremaa, Estonia: a pilot study. *Baltica*, 22(1), 51–62.

Sander, K., Kriiska, A. 2014. Archaeological test excavations at the Stone Age site Kunda Lammasmägi in 2013–2014. *Archaeological Fieldwork in Estonia 2014*, 29–38.

Sander, K., Kriiska, A., (käsikiri). Seire Lääne-Eesti madalikul 2015-2017.

Teiter, K. 2000. Modelling of post-glacial shorelines based on current elevation model: An example of southwest Estonia. Academic dissertation. Tartu.

Torim, A. 2004. On the land uplift and changes in the coastline of Estonia. *Geodeet*, 28, 57-62.

Vassiljev, J., Saarse, L., Grudzinska, I., Heinsalu, A. 2014. Shoreline changes in northern Estonia during the Holocene. *Baltic 2014, Abstract volume: The 12th Colloquium on Baltic Sea Marine Geology, September 8 – 12, 2014 Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde*. 42.

Vassiljev, J., Saarse, L., Grudzinska, I., Heinsalu, A. 2015. Relative sea level changes and development of the Hiiumaa Island, Estonia, during the Holocene. *Geological Quarterly*, 59 (3), 517–530.

Lisa

Lisa 1. Arheoloogiliste leidude info, koordinaadid on allikast Sander ja Kriiska (käsikiri) “Seire Lääne-Eesti madalikul 2015-2017”.

2015. aasta leiud

Leiupunktid	E	N	Maapinna kõrgus	Korrigeeritud maapinna erisuse suhtes	Korrigeeritud kõrgus	Vanus a.t 500 a täpsusega	Iseloom
0:03	495900	6549970	21,3	0,3	21,0	7500	Valgeristi talu juurest
1:1 - 1:8	495536	6550222	21,2	0,3	20,9	7500	
2:01	495420	6550318	21,8	0,4	21,4	7500	
3:01	495388	6550339	21,5	0,4	21,1	7500	
3:02	495382	6550348					
3:03	495375	6550342	21,4	0,4	21,0	7500	
4:01	489834	6556048	23,2	1,4	21,8	7500	
5:01	495304	6550413	21,7	0,4	21,3	7500	
Inkatoa põld	491625	6552500	19,8	0,8	19	6500	3 leidu
7:00	492998	6551688	21,7	0,7	21	7500	
7:01	493011	6551683					
7:02	493021	6551678					
8:01	493054	6551660	21,7	0,7	21	7500	2 leidu
8:02	493054	6551659					3 leidu eelmisest 1 m S
8:03	493061	6551662	21,9	0,7	21,2	7500	
8:4 ja 8:5	493061	6551661					eelmisest 1 m S 2 leidu
8:6-8	493060	6551660					leidud samast kobarast shurfimisel
el.post	493132	6551618	21,6	0,7	20,9	7500	22 leidu 9 m el. postist kummalegi poole
10:01	493102	6551650	21,8	0,7	21,1	7500	
12:01	502593	6564258	22,1	1,5	20,6	7500	
12:02	502605	6564265	22,5	1,5	21	7500	
12:03	502494	6564278	21,5	1,5	20	7000	
12:3a	502578	6564286	22,8	1,5	21,3	7500	
12:04	502579	6564280	22,2	1,5	20,7	7500	
12:05	502581	6564276					

12:06	502576	6564322	24,2	1,5	22,7	7500	
13:1-2	502499	6564307	21,9	1,5	20,4	7000	
13:03	502488	6564301	21,7	1,5	20,2	7000	
14:01	502431	6564348	21,2	1,5	19,7	7000	
15:01	502091	6564664	21,4	1,5	19,9	7000	kvarts ja SK
15:02	502086	6564668	21,0	1,5	19,5	7000	
15:03	502077	6564654	20,8	1,5	19,3	7000	3 kildu
15:04	502064	6564648					
15:05	502060	6564650					kilde samalt krundilt
17:01	502327	6564313	20,7	1,4	19,3	7000	
17:02	502314	6564325					
17:03	502312	6564334					
17:04	502292	6564366					
17:05	502311	6564348					
17:6-7	502336	6564331					4 kildu kv
18:01	502456	6564504	20,6	1,5	19,1	7000	
18:02	502477	6564463	20,8	1,4	19,4	7000	
18:04	502475	6564478					
18:06	502476	6564515	20,4	1,5	18,9	6500	
19:01	502815	6563834	20,3	1,5	18,8	6500	
19:02	502808	6563826					
20:01	503078	6562789	22,5	1,4	21,1	7500	2 kildu
22:01	492788	6551811	22,2	0,7	21,5	7500	
Valgeristi	492602	6551895	21,0	0,7	20,3	7000	

2016. aasta leiud

Leiupunktid	E	N	Maapinna kõrgus	Korrigeeritud maapinna erisuse suhtes	Korrigeeritud kõrgus	Vanus a.t 500 a täpsusega	Iseloom
1:01	491445	6552238	20,2	0,7	19,5	7000	
2:01	491322	6551592	23,6	0,8	22,8	7500	2 leidu
2:02	491315	6551600					
3:01	491368	6551527	23,5	0,8	22,7	7500	lihvimiskivi
3:03	491373	6551518					kivikild

4:01	491390	6551481	24,0	0,7	23,3	7500	
5:1 ja 5:3	491533	6551224	23,6	0,6	23,0	7500	
5:02	491530	6551211					
5:04	491528	6551221	23,3	0,6	22,7	7500	
6:01	491570	6551153	22,8	0,6	22,2	7500	
6:03	491571	6551152					
6:02	491578	6551159	22,2	0,6	21,6	7500	
6:04	491567	6551169	23,1	0,6	22,5	7500	
6:05	491562	6551145					
8	491709	6550725	23,5	0,6	22,9	7500	mitu leidu
9	491767	6550647	23,3	0,6	22,7	7500	mitu kv. leidu
9:01	491784	6550620	22,9	0,6	22,3	7500	tk
9:02	491786	6550611					väikseid tk leide
10	491861	6550484	23,4	0,5	22,9	7500	
10:01	491872	6550467					
11	491238	6551683	23,2	0,8	22,4	7500	
12	491632	6550874	23,6	0,6	23,0	7500	
13	488193	6553631	22,5	1,3	21,2	7500	
14:01	488114	6552850	22,5	1,1	21,4	7500	väiksem tk
14:02	488107	6552854	22,9	1,1	21,8	7500	suurem heledam tk
15	502075	6564790	20,8	1,5	19,3	7000	
16:00	499972	6565799	18,6	1,6	17,0	6000	2015. aastal kohaliku poolt üle antud leid
16	500080	6565987	17,4	1,5	15,9	5500	mitu leidu ümbrusest
17:01	499553	6565987	18,4	1,6	16,8	6000	
18:04	496850	6567043	17,7	1,7	16,0	5500	
18:05	496857	6567051					
18:6 ja 18:10	496838	6567060	18,2	1,7	16,5	6000	
18:07	496835	6567091	17,9	1,7	16,2	5500	
18:08	496816	6567101					
18:09	496656	6566961					
18:11	496660	6566960					leide 10 m. 3. el. kapist tee poolt või kõrgemalt põllunurgast

18:11:01	496660	6566960	17,7	1,7	16,0	5500	tumedam ja koledam kv. kild 1. elektrikapist tee poolt
18:12	496660	6566960					leide 1. elektrikapi kõrguselt
20:01	495236	6568128	16,4	1,8	14,6	5000	leid 100 m raadiuses piki tee idaperve kummaski suunas
21:01:01	494638	6568127					
21:01:02	494632	6568126	16,2	1,8	14,4	5000	
21:02	494635	6568126					peaks olema 5 leidu koos ühest šurfist
21:03	494638	6568117	16,8	1,8	14,0	5000	
21:05	494640	6568120	16,5	1,8	14,7	5000	šurfitud alalt
22:01	493080	6568029	15,9	1,9	14,0	5000	
23:01	490027	6567318	17,8	2,0	15,7	5500	
23:02	487745	6543991	20,5	0,1	20,6	7500	
24	474810	6559176	18,9	2,4	16,5	6000	suuremalt alalt
25	474680	6559185	20,6	2,6	18,0	6500	
26	475227	6558400	20,7	2,5	18,2	6500	30 m ulatuses
27	475226	6558531	19,2	2,4	16,8	6000	60 m kummalegi poole N-S suunas
28	475279	6558561	18,9	2,4	16,5	6000	lõigul ca 390 m ulatuses 475110
29	475562	6558375	19,7	2,4	17,3	6000	lõigul ca 50 m ulatuses 475540
31	475400	6558174	20,8	2,5	18,3	6500	ca 10 m pikkusel lõigul W-O suunas
31:01:00	475382	6558172	21,2	2,5	18,7	6500	suurim leid kotis
32	475512	6558176	19,1	2,2	16,9	6000	8 m pikkusel lõigul
33	475654	6558177	18,4	2,2	16,2	5500	
33:01:00	475630	6558176	18,8	2,2	16,6	6000	suurim leid kotis
34	475214	6558172	25,3	2,9	22,4	7500	
35	476070	6558464	11,9	1,3	10,6	3500	
36	474611	6558717	24,0	3,0	21,0	7500	
40	474178	6559663					
42	474252	6559634	21,3	2,8	18,5	6500	
45	474315	6559572					
44	474379	6559571	18,8	2,3	16,5	5500	

46	474395	6559633	18,0	2,3	15,7	5500	
47	474427	6559633	17,7	2,3	15,4	5500	
48:01:00	474704	6557961	22,5	2,9	19,6	7000	kvarts
48:02:00	474704	6558003					väike laastukatke
49:01:00	474923	6557742	21,9	2,7	19,2	7000	kvarts
49:02:00	474923	6557747					väike kv. kild
49:03:00	474938	6557680	18,5	2,3	16,2	5500	tulekivi
50	487858	6542363	20,1	0,3	20,4	7000	4 leidu lõigult 487858
51	488106	6542145	20,5	0,3	20,8	7500	
53:01:00	487222	6543045	19,8	0,1	19,9	7000	kõige suurem kvarts
53:02:00	487211	6543045					väiksem kvartsikild
53:03:00	487208	6543045					
199	496821	6567011	18,3	1,7	16,6	6000	

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Mikk Olesk**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Loode-Eesti kiviaja rannajoone paleogeograafilised rekonstruktsioonid

mille juhendajateks on Merle Muru ja Alar Rosentau,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'is kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **28.05.2018**